

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A EL CALENTADOR DE AGUA
POR COMBUSTIÓN DE BIOGAS Y QUEMADOR DE BIOGAS Y MANUAL DE
MANTENIMIENTO PARA LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL
DE LA PLANTA PTAR C**

**GERMÁN ANDRES UMAÑA ESPINOSA
FERNANDO NAVIA FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI**

2006

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A EL CALENTADOR DE AGUA
POR COMBUSTIÓN DE BIOGAS Y QUEMADOR DE BIOGAS Y MANUAL DE
MANTENIMIENTO PARA LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL
DE LA PLANTA PTAR C**

**GERMÁN ANDRES UMAÑA ESPINOSA
FERNANDO NAVIA FIGUEROA**

**Pasantía para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**Asesor Empresarial
CESAR TULIO DELGADO
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI**

2006

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

Ing. JOSE IGNACIO PEREZ

Jurado

Ing. HECTOR FABIO ROJAS

Jurado

Santiago de Cali, 29 de Junio de 2006

Este trabajo primordialmente va dirigido a mis PADRES y a mi HEMANA, que día tras día me han brindado su apoyo y confianza incondicional, para poder concretar una meta más en mi vida y el inicio de un camino lleno de nuevas metas y triunfos.

Doy gracias a DIOS por estar siempre a mi lado guiándome el camino.

Doy gracias a las buenas amistades que encontré en el camino y que aportaron alegría y conocimiento a mi vida.

GERMAN ANDRÉS UMAÑA E.

Este trabajo va dirigido a mis padres por su constante apoyo y motivación en el alcance de este objetivo y mi crecimiento personal.

A Dios por iluminar y guiar mi camino.

A mi familia por el constante apoyo y colaboración en el cumplimiento de los objetivos trazados.

A mis compañeros, amigos y de mas allegados que siempre dieron una voz de motivación..

FERNANDO NAVIA FIGUEROA

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a Dios por permitirnos culminar esta etapa de la vida.

A las EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI-EMCALI E.I.C.E. E.S.P. PTAR CAÑAVERALEJO por haber permitido y apoyado este proyecto.

Al ingeniero Cesar Tulio Delgado, por el constante apoyo y accesoria brindada durante el desarrollo del proyecto.

Al personal de instrumentación y control por su constante colaboración.

Al ingeniero Juan Carlos MENA y la Universidad Autónoma de Occidente por su formación y dirección.

CONTENIDO

	Pag.
0. INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS	17
1.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
2. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PTAR-C	18
3. RESEÑA HISTORICA DE LA PTAR – C	25
4. MANTENIMIENTO	28
4.1. REQUISITOS MÍNIMOS PARA EJECUTAR UN MANTENIMIENTO	28
5. TIPOS DE MANTENIMIENTO	31
5.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	31
5.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	32
5.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	34
6. METODOLOGIA	36
6.1. RECONOCIMIENTO DEL PROCESO E IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS	36
6.1.1. Importancia de los caudalímetros	36
6.1.2. Importancia del calentador	37
6.1.3. Importancia de los quemadores	37
6.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	38
6.3. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS	39
6.3.1. Medidores de caudal	39
6.3.2. Calentador de agua	42
6.3.3. Quemadores de exceso de bio-gas	42

6.4.	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS A LOS CAUDALIMETROS	43
6.5.	ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS A LOS CAUDALIMETROS	46
6.6.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOS CAUDALIMETROS	47
6.7.	APORTES ADICIONALES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS CAUDALIMETROS	48
6.8.	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS AL CALENTADOR DE AGUA	49
6.9.	ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS AL CALENTADOR	50
6.10.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL CALENTADOR	51
6.11.	APORTES ADICIONALES PARA EL MANTENIMIENTO DEL CALENTADOR	52
6.12.	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS AL QUEMADOR	53
6.13.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL QUEMADOR	54
6.14.	APORTES ADICIONALES PARA EL MANTENIMIENTO DEL QUEMADOR	55
6.15.	GENERACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	55
7.	MANUAL DE LOS CAUDALIMETROS ULTRASONICOS	57
7.1.	INFORMACIÓN GENERAL	57
7.2.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	58
7.3.	MONTAJE DE SENSORES EN LA TUBERÍA	59
7.4.	INVENTARIO DE LOS CAUDALÍMETROS EN LA PTAR – C	60
7.5.	MANTENIMIENTO GENERAL	61
7.6.	ACTIVIDADES PREVIAS AL MANTENIMIENTO	63
7.7.	DESMONTE DEL TRANSMISOR	64
7.8.	MANTENIMIENTO PARA EL TRANSMISOR	67
7.9.	DESMONTE DE LAS SONDAS INTRUSIVAS	68
7.10.	MANTENIMIENTO DE LAS SONDAS INTRUSIVAS	70
7.11.	DESMONTE DE LAS SONDAS EXTERNAS	71

7.12.	MANTENIMIENTO DE LAS SONDAS EXTERNAS	72
7.13.	INSPECCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	73
7.14.	GUIA DE FALLAS DEL CAUDALIMETRO	74
7.14.1.	Defectos de funcionamiento	74
7.14.2.	Equipo fuera de servicio	76
7.14.3.	Otras fallas	76
8.	MANUAL DEL CALENTADOR DE AGUA POR COMBUSTIÓN DE BIO-GAS	78
8.1.	INFORMACIÓN GENERAL	78
8.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL	79
8.3.	COMPONENTES DEL CALENTADOR DE AGUA	80
8.4.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	81
8.5.	MANTENIMIENTO GENERAL	86
8.6.	ACTIVIDADES PREVIAS AL MANTENIMIENTO	87
8.7.	DESMONTE DEL HOGAR	88
8.8.	MANTENIMIENTO DEL HOGAR	89
8.9.	DESMONTE DEL QUEMADOR	92
8.10.	MANTENIMIENTO DEL QUEMADOR	93
8.11.	DESMONTE DEL INYECTOR DE AIRE	95
8.12.	MANTENIMIENTO DEL INYECTOR DE AIRE	97
8.13.	DESMONTE DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS	101
8.14.	MANTENIMIENTO DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS	102
8.15.	MANTENIMIENTO DEL TREN DE GAS	105
8.16.	GUIA DE FALLAS DEL CALENTADOR DE AGUA	106
8.16.1.	Falla en el arranque	106
8.16.2.	Falla de bloqueo durante el arranque	107
8.16.3.	Falla durante la operación	109
9.	MANUAL DEL QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS	111
9.1.	INFORMACIÓN GENERAL	111

9.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL	112
9.2.1.	Funcionamiento del control	112
9.3.	COMPONENTES DEL QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS	114
9.4.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	115
9.5.	MANTENIMIENTO GENERAL	117
9.6.	ACTIVIDADES PREVIAS AL MANTENIMIENTO	118
9.7.	DESMONTE DEL QUEMADOR PILOTO	119
9.8.	MANTENIMIENTO DEL QUEMADOR PILOTO	120
9.9.	DESMONTE DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE AIRE	121
9.10.	MANTENIMIENTO DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE AIRE	121
9.11.	DESMONTE DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS	122
9.12.	MANTENIMIENTO DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS	123
9.13.	MANTENIMIENTO DEL TREN DE GAS DEL QUEMADOR	126
9.14.	MANTENIMIENTO DEL ATRAPALLAMAS	127
9.14.1.	Mantenimiento de la válvula térmica	127
9.14.2.	Mantenimiento del supresor de llama	128
9.15.	GUIA DE FALLAS DEL QUEMADOR DE GAS	128
9.15.1.	Ningún componente enciende	129
9.15.2.	El equipo no arranca	129
9.15.3.	El equipo entra en falla esporádicamente	130
10.	CONCLUSIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA	133
	ANEXOS	134

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 6.1. Cuadro de identificación de caudalímetros	41
Tabla 7.1. Caudalímetros de la PTAR – C	61
Tabla 7.2. <i>Breaker</i> de alimentación	64
Tabla 8.1. <i>Set point</i> de componentes del calentador	105
Tabla 9.1. <i>Set point</i> de interruptores de presión del quemador de biogás	127

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2.1. Entrada de agua a la PTAR – C	19
Figura 2.2. Línea de agua	21
Figura 2.3. Línea de lodos	22
Figura 7.1. Vista frontal del caudalímetro	58
Figura 7.2. Principio de medición	59
Figura 7.3. Conectores externos del transmisor	64
Figura 7.4. Montaje sobre placa soporte	65
Figura 7.5. Clasificación de partes	66
Figura 7.6. Clasificación de partes de la sonda	69
Figura 7.7. Cabeza de sonda	69
Figura 7.8. Montaje de la sonda	70
Figura 7.9. Sonda externa	72
Figura 8.1. Panel eléctrico del calentador de agua	83
Figura 8.2. Panel frontal del quemador	84
Figura 8.3. Cara superior del panel frontal del quemador	85
Figura 8.4. Quemador de gas	93
Figura 8.5. Posición de electrodos	94
Figura 8.6. Inyector de aire	95
Figura 8.7. Vista explosionada del inyector de aire	96
Figura 9.1. Panel eléctrico Quemador de Biogás	116

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Vista en planta de la PTAR – C	134
Anexo 2. Ubicación de los equipos de estudio	135
Anexo 3. Ficha de historial de equipos	136
Anexo 4. Parámetros actuales de calibración para los equipos de estudio	137
Anexo 5. Formato de inspección para caudalímetros	141
Anexo 6. Formato de inspección para calentador de agua y/o quemador de exceso de biogás.	142
Anexo 7. Tipos de montaje de sondas para caudalímetros	143
Anexo 8. Cableado de los conectores externos para caudalímetros	145
Anexo 9. Vistas explosionadas del calentador de agua	146
Anexo 10. Listado de componentes del calentador de agua	148
Anexo 11. Vistas del quemador de exceso de biogás	149
Anexo 12. Listado de componentes del quemador de exceso de biogás	151
Anexo 13. Paper del proyecto	152

RESUMEN

Con el propósito de realizar una actividad de mantenimiento minuciosa de forma repetitiva, se busca normalizar los procedimientos implicados en la prestación de este servicio con miras a brindar una mejor disponibilidad, seguridad, funcionalidad, operabilidad y apariencia a los equipos.

Como primera instancia del proyecto se hizo conocimiento de forma general de la estructura organizacional de la empresa. Posteriormente se realizaron recorridos por cada una de las áreas de la planta con la guía de ingenieros, operarios y personal de asistencia técnica de empresas proveedores de algunos de los equipos, los cuales suministraron información precisa y detallada del proceso que se lleva a cabo en la planta y de los equipos instalados familiarizados con cada área; además se realizó la respectiva identificación y ubicación de estos.

Se analizó y evaluó la documentación existente en el área de mantenimiento incluyendo entre estos catálogos de fabricantes, ordenes de trabajo ejecutadas, folios de conexiones eléctricas y reportes de fallas.

A medida que se fortalecía la información disponible y se determinaba su veracidad y efectividad, se plantearon y diseñaron formatos que permitieran de forma fácil y rápida reportar eventualidades de los equipos y de igual forma posteriormente acceder a estos, con el propósito de adquirir un mejor conocimiento de los equipos en cuanto a su comportamiento y sus fallas, información valiosa que conllevara al equipo de mantenimiento a un continuo mejoramiento del programa de mantenimiento optado.

Por ultimo se establecieron los procedimientos, describiendo cada uno de los pasos a realizar con su respectiva secuencia de forma clara y explicita, para realizar una labor de mantenimiento segura y con calidad. Procedimientos que se registraron en un documento para su puesta en practica y conservación.

0. INTRODUCCIÓN

Consciente de su obligación social y legal de la preservación de nuestros recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de la población caleña, EMCALI E.I.C.E. construye la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo PTAR - C.

Gracias a la tecnología y capacidad de sus instalaciones EMCALI E.I.C.E. pretende mejorar la calidad de su servicio y cumplir con todos los requerimientos por parte de las entidades de control del medio ambiente.

Para alcanzar dichos propósitos EMCALI E.I.C.E. esta apuntando a estos, con el esfuerzo del personal de cada una de sus áreas, además de la incorporación a la empresa de estudiantes universitarios para estructurar y desarrollar proyectos enfocados a la normalización de procedimientos confiables para la operación de la planta, así como para la operación y mantenimiento de sus equipos, alcanzando una valiosa optimización de los recursos disponibles.

Para la implementación de dichos procedimientos se ha desarrollado la siguiente metodología:

- Análisis, clasificación y organización de la información.
- Estructura organizacional del personal de la empresa.
- Actividades actuales de mantenimiento en la planta.
- Inspección de equipos.
- Planteamiento de los procedimientos de mantenimiento.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

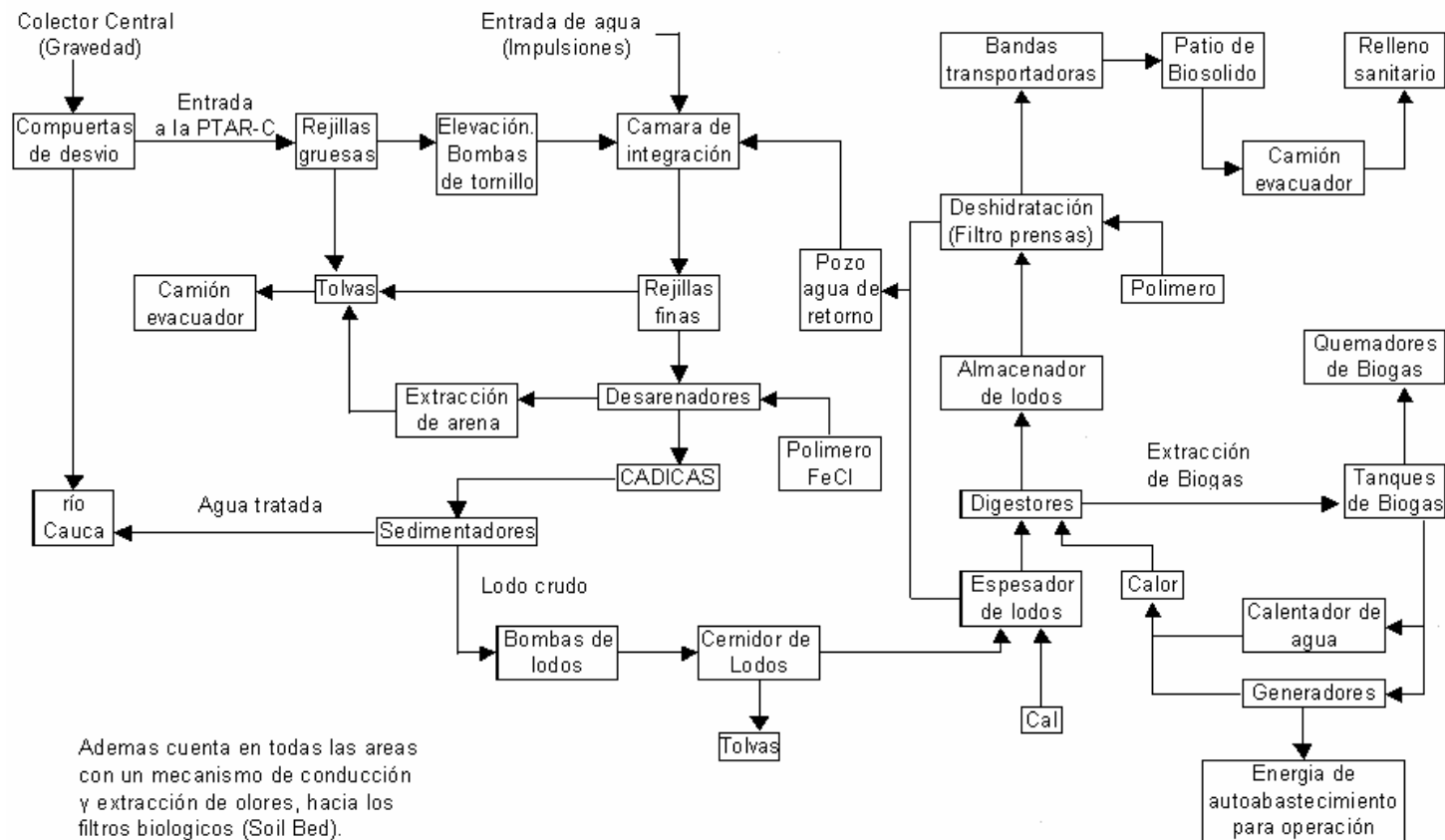
Generar procedimientos estándar para la operación y mantenimiento del calentador de agua por combustión de Biogás, el quemador de exceso de Biogás e instrumentos de medición de caudal, con el fin de conservar los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un manual de operación y mantenimiento para el calentador de agua por combustión de Biogás y a los quemadores de exceso de Biogás.
- Elaborar un manual para el mantenimiento de los diferentes tipos de medidores de caudal instalados en la planta PTAR - C.
- Realizar los formatos para el registro del comportamiento de los equipos bajo las condiciones propias de la planta.
- Adquirir experiencia en la operación y mantenimiento de estos equipos y su interacción con un sistema de supervisión, control y adquisición de datos en tiempo real (SCADA).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN LA PTAR-C

2. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PTAR DE CAÑADERALEJO



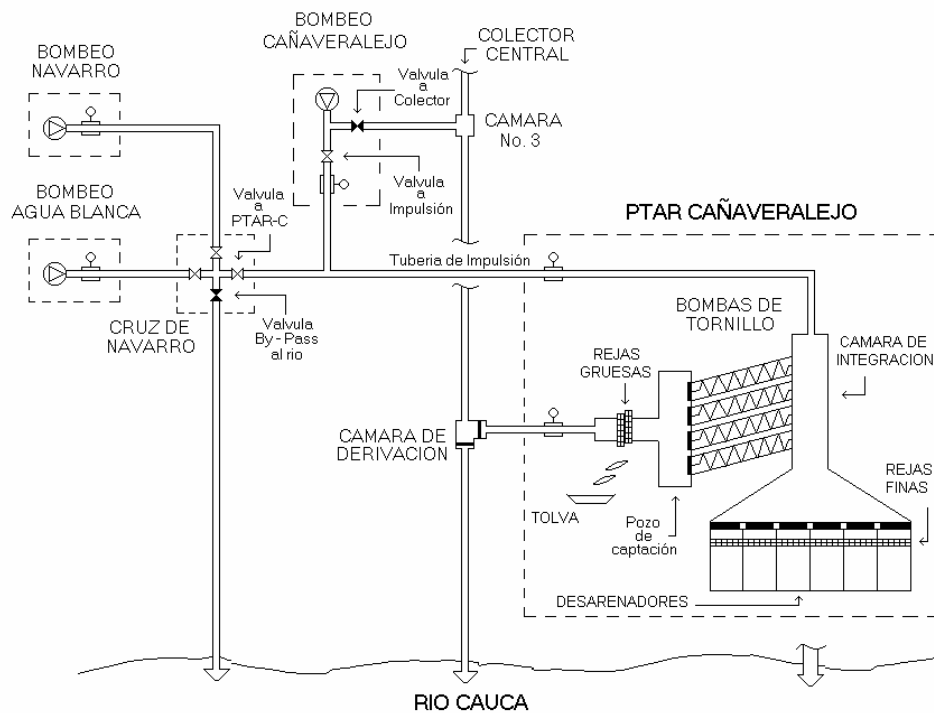
2. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PTAR-C

La planta cuenta con dos conductos de entrada de aguas residuales que son:

Colector central: Flujo por gravedad en una tubería de 2.15 m de diámetro, con un aporte de caudal de aprox. $2.20 \text{ m}^3 / \text{s}$ hacia las rejillas gruesas.

Impulsiones: Conducto que integra el agua que llega por bombeo desde las estaciones Navarro con un aporte de $2.58 \text{ m}^3 / \text{s}$, Agua Blanca con $0.90 \text{ m}^3 / \text{s}$ y Cañaveralejo con $1.92 \text{ m}^3 / \text{s}$ conduciéndolo hasta la cámara de integración.

Figura 2.1. Entrada de agua a la PTAR – C.



Como sistema de seguridad de ingreso de agua a la PTAR – C, se dispone de ciertos dispositivos que son manipulados según la capacidad de la planta evitando la posibilidad de inundación. Algunos de estos dispositivos son externos a las instalaciones de la PTAR – C.

Para el Colector Central se cuenta con un mecanismo de compuertas dentro de una cámara de derivación por la cual pasa el Colector Central a un costado de las instalaciones de la PTAR-C; mientras que para el caudal de Impulsiones se tiene un juego de válvulas en un punto llamado Cruz de Navarro desviando los caudales de Agua Blanca y Navarro. Ambos desvíos conduciendo finalmente los caudales hacia el río Cauca.

Rejillas gruesas: El caudal que llega por el Colector Central pasa por estas rejillas, reteniendo los sólidos con un tamaño de hasta 9 cm. Cuentan con un mecanismo de limpieza, que arrastra los sólidos retenidos hacia una tolva que al alcanzar su máxima carga envía una señal para que se disponga de una volqueta para su descarga.

Elevación (Bombas de tornillos): Eleva las aguas de Colector Central hacia la cámara de integración. Se dispone de 4 bombas de tornillo cada una con un diámetro de 2.0 m y una capacidad nominal de 2 m³/s. El número máximo de tornillos en servicio son 3 y el número de ellos en operación depende de la capacidad de elevación que es dada por:

La medición del caudal de impulsiones.

El nivel de pozo de captación.

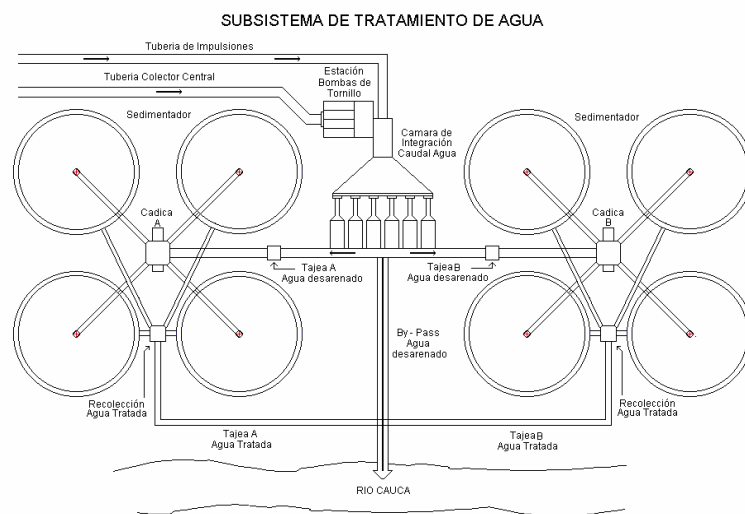
Cantidad de desarenadores disponibles.

Cámara de integración: Cámara donde se integran las dos entradas de agua residual a la PTAR – C, además de las aguas provenientes del pozo de agua de retorno; predisponiéndolas hacia las rejillas finas.

Rejillas finas: Son 6 rejillas que retienen los sólidos con un tamaño de hasta 2 cm. De igual forma cuentan con un mecanismo de limpieza temporizado, que arrastra los sólidos retenidos hacia una tolva que al alcanzar su máxima carga envía una señal para que se disponga de una volqueta para su descarga.

Desarenadores: Se cuenta con 6 desarenadores alineados uno con cada una de las rejillas finas. La remoción de arena es ayudada mediante la inyección de aire tardándose las partículas de arena aprox. 3 minutos en precipitarse. La arena que se precipita y se amontona es arrastrada por un tornillo sinfín y removida por unas bombas eyectoras hacia las tolvas de almacenamiento para su evacuación. Adicionalmente se realiza la dosificación de Cloruro Ferrico y Polimero como ayudantes de floculación.

Figura 2.2. Línea de agua.

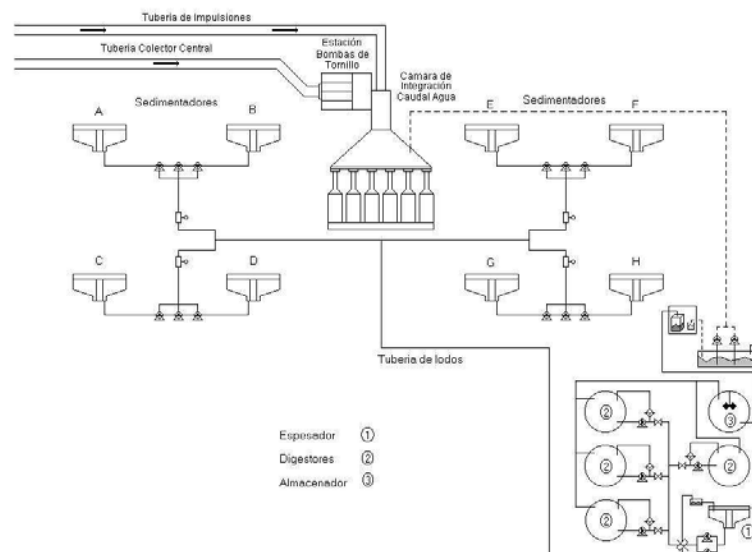


Cadicas (Cámaras distribuidoras de Caudal.): El agua proveniente de los desarenadores es distribuida en 2 caudales uno para cada Cadica y en estas son redistribuidas hacia los 4 sedimentadores que abastece cada Cadica.

Sedimentadores: Hay 8 sedimentadores los cuales son tanques circulares con un diámetro de 47.5 m, una altura de muros exteriores de 4.2 m, provistos de 2 barrelados y desnatadores superficiales. Estos tanques son alimentados por su parte inferior por las Cadicas. Los sólidos removidos (Lodo crudo) se evacuan por el fondo del sedimentador y son bombeados hacia el espesador de lodos, mientras que el agua que alcanza al vertedero es canalizada y conducida hacia el rio Cauca.

Cernidor de lodos: Es una reja mucho más fina que retiene basuras que se han filtrado en los procesos anteriores. De igual forma cuenta con su mecanismo de limpieza y evacuación por tolvas.

Figura 2.3. Línea de lodos.



Espesador de lodos: Tanque de acumulación de lodo crudo, que mediante un barredor permite una mejor precipitación del lodo, mientras que la parte más líquida alcanza un vertedero que canaliza este flujo (agua) hasta el pozo de retorno y posteriormente a la cámara de integración. Además se lleva a cabo la adición de cal para luego ser enviado a los digestores.

Digestores: Se dispone de 4 tanques digestores anaeróbicos con una capacidad de 6200 m³ por digestor. Los lodos que llegan a los digestores son retenidos en estos durante 18 días a una temperatura de 35 °C para mantener la bacteria generadora de Biogás, temperatura que es alcanzada mediante el calentamiento del lodo a través de intercambiadores de calor.

Almacenador de lodo digerido: Una vez que el lodo cumple su temporada en los digestores son llevados a este tanque para luego realizar su secado.

Deshidratación (Filtro prensas): El proceso de deshidratación (secado) inicia con la aplicación de polímetro, para después mediante 7 filtro prensas de bandas extraer el agua del lodo; el Biosólido resultante es dirigido hacia el patio de Biosólidos por medio de bandas transportadoras, mientras que el agua extraída es conducida hasta el pozo de agua de retorno.

Patio de Biosólidos: Caseta acondicionada para estacionar 3 volquetas para la evacuación final del Biosólido hacia el relleno sanitario, alcanzándose una salida de aprox. 100 m³ diarios de Biosólido.

Tanque de almacenamiento de gas: Se tienen 2 tanques para el almacenamiento del Biogás producido con una capacidad de 1000 m³. Gas que

es destinado para el funcionamiento de los equipos de generación y en caso de exceso de gas, es enviado a los quemadores.

Generación: En esta área se cuenta con dos generadores de combustión por Biogás de 1000 Kw cada uno para la generación de energía de autoabastecimiento para la operación de la planta y de un calentador de agua por combustión de Biogás, donde ambos equipos son empleados para enviar agua caliente a los intercambiadores para el calentamiento de lodos.

Filtros biológico (*Soil Bed*): Todas las áreas para el control de olores cuentan con cubiertas acopladas a un mecanismo de conducción y extracción de olores dirigido hacia los filtros, los cuales se componen de tierra vegetal, ceniza orgánica, arena y grava, además de contar con un sistema de riego.

3. RESEÑA HISTORICA DE LA PTAR – C

En Santiago de Cali con el transcurrir de los años se ha visto un rápido y progresivo crecimiento de su población, según estudios actuales por parte de las entidades encargadas del control de la población del país. Estudios que para el año de 1995 indicaban que la población de esta ciudad era aproximadamente 2.000.000 de habitantes, con 375.275 viviendas y con más de 235 barrios.

Tal crecimiento tuvo como consecuencia un impacto en el entorno y el medio ambiente, contaminando fuentes superficiales como lo es en este caso el río Cauca por la descarga de agua residual sin tratamiento, llevando al río al punto de no tener condiciones aptas para la vida acuática en 34 Km. de su recorrido, magnitud que podría sobrepasar los 124 Km. en el 2015. Por esta razón se requirió de la elaboración y ejecución de un plan de manejo ambiental tanto para el tratamiento del agua residual como para el manejo y disposición de subproductos como el Biosólido.

Concientes de esto nace el proyecto de construcción de la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cañaveralejo PTAR - C” por parte de EMCALI E.I.C.E. con la que se descontaminaría el 85% de las aguas servidas que produce la ciudad, con una capacidad de tratamiento promedio de 7.6 m³/s, un mínimo de 4.41 m³/s y un máximo de 12.24 m³/s de caudal de agua residual con una remoción estimada del 68% de SST y del 47% de DBO5 para el agua y del 43% de sólidos volátiles en lodos digeridos, capacidad estimada para el 2015 como año horizonte del proyecto.

Tras largas gestiones durante varios periodos de administración municipal para la obtención de licencias de construcción y ambiente, la elaboración y justificación

del presupuesto oficial y la consecución de los US\$ 83 millones del costo del proyecto, se dio inicio a las obras el 11 de Agosto de 1997 por parte del consorcio encargado en un lote de 22 hectáreas, adquirido por EMCALI E.I.C.E. en 1950, localizado entre la Calle 73^a y el Jarillón del río Cauca, la Carrera 7^a del Barrio Alfonso López I y la Carrera 3^a del Barrio Petecuy I.

El 26 de Diciembre de 2000 el consorcio constructor hace entrega de las instalaciones de la PTAR – C a EMCALI E.I.C.E. bajo previas revisiones, siendo esta primera en su genero en Colombia. Desde la fecha se han venido canalizando proyectos que fortalezcan y mejoren las actividades que se llevan acabo en la planta con un mejor aprovechamiento de los recursos, involucrando estudiantes universitarios bajo la coordinación y dirección del personal de la planta que encabeza un determinado proyecto.

Con el fin de preservar y optimizar el funcionamiento de los equipos, el departamento de mantenimiento de la empresa mediante la participación de los estudiantes universitarios, esta empezando con un proceso de estandarización de los procedimientos de ejecución de las tareas de operación y mantenimiento de los equipos, buscando un conocimiento más preciso de los equipos bajo las condiciones propias de la planta que fortalezcan el programa de mantenimiento preventivo y que además reduzcan los costos de su ejecución.

La PTAR – C con su tecnología instalada y el buen recurso humano con que cuenta, generará el mejoramiento de la calidad de vida, tanto de la población directamente expuesta al río como el resto de las personas.

La reanudación de las actividades piscícolas, la recuperación de la flora y fauna, la optimización de los costos de potabilización, la disminución de los riesgos en

salud, la recuperación del valor paisajístico, turístico y recreativo de la cuenca del río Cauca, serán solo algunos de los beneficios que se lograrán.

4. MANTENIMIENTO

El mantenimiento es el conjunto de actividades que se ejecutan con el fin de lograr que algo se deteriore en igual o menor grado al estimado por su fabricante, sosteniendo su desempeño en condiciones de fiabilidad respetando la seguridad tanto del personal como la de los equipos y el medio ambiente, con la optimización de costos como objetivo asociado.

Para que dichas actividades sean eficaces es necesario determinar aspectos fundamentales que permitan establecer de manera general como llevar a cabo un mantenimiento normal, mediante procedimientos más repetitivos y simplificados que brinden un mayor rendimiento.

El mantenimiento tiene como objetivos:

- Evitar o reducir las fallas sobre los equipos.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se puedan evitar.
- Evitar accidentes y aumentar la seguridad en la planta.
- Conservar los equipos en condiciones seguras y productivas durante su operación.
- Prolongar la vida útil de los equipos.

4.1 REQUISITOS MÍNIMOS PARA EJECUTAR UN MANTENIMIENTO

Para realizar un buen trabajo de mantenimiento es necesario cumplir con los siguientes requisitos:

Personal capacitado

Este es uno de los requisitos de mayor importancia, ya que el profesional encargado del mantenimiento debe actuar con personalidad y alta capacidad tanto técnica como administrativa, siendo este el responsable del planeamiento, la programación y el control. Debe seleccionar el mejor personal de acuerdo a las exigencias de cada cargo, además de determinar capacitaciones del personal con el fin de mantener al equipo de trabajo como mínimo al nivel de sus instalaciones.

Personal suficiente

Para que el mantenimiento sea viable tanto de la perspectiva técnica como la económica, se debe planear la cantidad de personal necesario para el cubrimiento de todas las tareas en lapsos de tiempos aceptables.

Herramientas y equipos apropiadas

Para un cumplimiento eficaz y eficiente de cada una de las actividades a desarrollar es necesario contar con las herramientas adecuadas y/o recomendadas por los fabricantes para no atentar contra la integridad del personal y de los equipos.

Programa de mantenimiento

Este programa debe contener una cantidad de mantenimiento periódico y rutinario razonable con el fin de lograr que sus equipos trabajen económicamente en forma normal durante todo su periodo de vida útil. Para

esta tarea el personal de mantenimiento puede ayudarse elaborando diagramas o cuadros donde se indiquen las actividades programadas para un cierto periodo de tiempo.

Para que un programa de mantenimiento sea eficiente debe existir una previa coordinación entre los demás departamentos de la empresa.

Disponibilidad de suministros

El personal de mantenimiento debe ser conciente de la estrecha relación con el departamento de compras, así como la importancia de su coordinación para asegurar que las partes de repuesto necesarias estén disponibles cuando se necesiten y así minimizar los paros por descomposturas o para mantenimiento, además de reducir inventarios y costos de almacenamiento.

Recurso financiero

Indispensable y a su vez el de mayor problema. Generalmente las tareas de mantenimiento son vistas solo como un costo y no como una inversión. Pero he aquí un gravísimo error, ya que por la falta de un buen mantenimiento o la poca eficacia de los equipos es, innegablemente, una de las mayores causas de que la empresa pierda beneficios.

En el mantenimiento hay que ser concientes de que un buen mantenimiento cuesta, pero un mantenimiento pobre es aun más costoso.

5. TIPOS DE MANTENIMIENTO

5.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento se caracteriza por esperar que se generen las fallas de los equipos para ejecutar el mantenimiento o la reparación según sea el caso. Este tipo de mantenimiento lo podemos clasificar en mantenimiento de rutina y de emergencia; se le denomina de rutina cuando la falla se presenta en equipos no relevantes para el proceso y se le denomina de emergencia cuando la falla se presenta en equipos de gran importancia para el proceso donde el tiempo fuera de éste implica grandes pérdidas económicas.

Igualmente este tipo de mantenimiento lo podemos clasificar entre planificado y no planificado.

No Planificado: Cuando se presenta averías o fallas en los equipos de forma no planificada, esto impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si fallo por mal trato, por abandono, mala operación, desgaste natural etc.

Planificado: Consiste en la reparación de un equipo o máquina solo en el momento que se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para ejecutar el mantenimiento.

Es de aclarar que el mantenimiento correctivo no es el más conveniente de implementar en la industria por que genera altos costos de ejecución.

5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo busca prevenir fallas en los equipos con el fin de evitar paros traumáticos en las plantas.

Para ejecutar este tipo de mantenimiento se debe implementar un plan de mantenimiento periódico o rutinario para cada equipo con el fin de mantenerlos en las mejores condiciones de funcionamiento.

Para establecer un plan de mantenimiento se debe evaluar los siguientes criterios:

- Que debe inspeccionarse
- Con que frecuencia se debe inspeccionar y evaluar.
- A que debe dársele servicio.
- Con que periodicidad se debe dar el mantenimiento preventivo.
- A que componentes debe asignársele vida útil.
- Cual debe ser la vida útil y económica de dichos componentes.
- Como hay que dar servicio.

Después de haber establecido un plan de mantenimiento se le debe dar una revisión periódica a este plan con el fin de ajustar a las necesidades reales. Este tipo de mantenimiento es el más conveniente de implementar en la industria ya que evita fallas o daños graves en los equipos y alarga su vida útil.

Ventajas del Mantenimiento Preventivo:

- Si se ejecuta correctamente es necesario tener un nivel de conocimiento del equipo, esto ayuda a que el equipo disponga del mejor servicio técnico.

- Reducción del mantenimiento correctivo representa una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad de un equipo de trabajo y las piezas de repuesto.
- Se concreta el mejor momento para realizar el paro del equipo, evitando tener cuantiosas pérdidas durante su salida de servicio.

Desventajas del Mantenimiento preventivo:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento requiere personal especializado.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad del equipo.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal que lo ejecuta, por lo que se deben crear estrategias para que un trabajo rutinario genere satisfacción y compromiso.

Un buen mantenimiento es aquel que no se basa en un mantenimiento correctivo, sino en la planificación de forma eficiente de los trabajos preventivos.

Para la planificación de los trabajos preventivos es de gran ayuda la elaboración de ordenes de trabajo, está ordenes de trabajo permite la recopilación de la información necesaria para conseguir un historial de las actividades de mantenimiento realizadas y el comportamiento de cada equipo

5.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este tipo de mantenimiento busca predecir la próxima falla que pueden presentar en algunas partes de los equipos, normalmente estas partes son de gran costo y de importancia para la producción. En algunos casos estas son de difícil acceso y se ejecutan las pruebas con el equipo en marcha, estas pruebas pueden ser:

De Temperatura = Con rayos infrarrojos.

De Vibración = Medición de amplitud, velocidad y aceleración.

De Ruido = Con medidores de nivel de ruido (decibeles).

De Fractura = Con rayos X, resonancia magnética y ultrasonido.

De Espesor = Con ultrasonido.

De Desgaste = Con espectrofotómetro.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Con este tipo de mantenimiento se obtienen resultados que serian muy difíciles de obtener con otros métodos.
- En algunos casos para la ejecución de este tipo de mantenimiento no es necesario el paro del equipo, evitando paros innecesarios.
- Reduce tiempos de parada.
- Conoce con exactitud el tiempo límite de funcionamiento del equipo sin que genere un fallo imprevisto.

Desventajas del Mantenimiento Predictivo:

- La implementación de un sistema de este tipo requiere de una inversión inicial muy considerable ya que los equipos tienen un costo elevado.

- Se debe disponer de un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere de cierto nivel de conocimiento.

6. METODOLOGÍA

6.1 RECONOCIMIENTO DEL PROCESO E IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS.

Como primera instancia, antes de enfocar cualquier plan de actividades se hace necesario conocer primero el proceso que se realiza en la planta desde la entrada de aguas residuales hasta la evacuación final del Biosólido y la descarga de agua tratada hacia el río, este recorrido se realizó con la orientación de ingenieros y operarios de la planta; teniendo conocimiento ya sobre el proceso se logra entender con claridad la importancia que tiene cada uno de los equipos durante el tratamiento del agua, desde la entrada de agua a la planta donde se encuentra los caudalímetros ultrasónicos, pasando por el calentamiento del agua que va hacia el lodo y finalizando con la quema del exceso bio-gas los equipos cumplen una función relevante durante el proceso.

6.1.1 Importancia de lo Caudalímetros. Además de ser importante lo caudalímetros para conocer la cantidad de agua que entra a la planta, es importante trabajar con ellos ya que se debe garantizar su buen funcionamiento, por que en la planta se adelanta un nuevo proyecto de automatización de dosificación de cloruro ferrico, el cual consiste en aplicar la dosis exacta de cloruro ferrico al agua, ya que si se aplica muy poca cantidad está no queda suficientemente tratada y se verterá agua muy cargada al río, si de lo contrario se dosifica demasiado cloruro ferrico al agua, se estaría generando una contaminación más al río por los altos índices de cloruro ferrico disuelto en el agua, además de los altos costos de operación que esto generaría a la planta, de no cumplir la planta con los índices de descontaminación del agua esta no estaría

cumpliendo con su finalidad y los entes encargados del medio ambiente obligaría a cerrar temporalmente la planta mientras modifica su proceso.

6.1.2 Importancia del Calentador. El calentador de agua por combustión de Bio-gas es un equipo de suma importancia para la planta, ya que este es el encargado de calentar el agua que va a circular por los intercambiadores de calor para mantener el lodo a una temperatura adecuada de 34° C, logrando que el lodo se mantenga a esta temperatura se genera un ambiente adecuado para la proliferación de bacterias anaeróbicas que son la encargadas de descomponer la materia orgánica disuelta en el lodo y como residuo de esta descomposición se obtiene bio-gas.

Además de ser importante mantener el calentador en óptimas condiciones de funcionamiento para que el proceso de descomposición y generación de gas se lleve a cabo, se hace más importante mantenerlo en buenas condiciones ya que el calentador inicialmente no fue adquirido para que se mantuviera las 24 horas del día en funcionamiento, si no para ser utilizado como equipo auxiliar si se presentaba alguna falla eventual con los generadores de energía por combustión de Bio-gas ya que se aprovecharía el calor que estos equipos producen durante su funcionamiento para calentar el agua, como actualmente los generadores se han encontrado por un largo periodo fuera de servicio, el calentador es el único equipo responsable de mantener caliente el agua las 24 horas del día, esto hace que el equipo presente mayor deterioro del que se estaba estipulando, teniendo que realizar modificaciones a su plan de mantenimiento, por un mantenimiento más seguido, rápido y confiable que garantice el correcto funcionamiento de este.

6.1.3 Importancia de los Quemadores. Los quemadores de exceso de Bio-gas son de suma importancia por que la planta produce más Bio-Gas de lo que consume, como ya se a dicho el Bio-Gas es un sub-producto que se obtiene de la

descomposición de la materia orgánica, este Bio-gas es transportado y almacenado en tanques, para luego ser utilizado para el funcionamiento del calentador agua por combustión de Bio-gas y para la obtención de energía eléctrica por medio de los generadores por combustión, sin embargo hay Bio-gas que no es utilizado ya que los generados actualmente se encuentran fuera de servicio, ocasionando que los tanque se llenen con rapidez y se haga necesario eliminar el gas para obtener espacio en los tanque de almacenamiento, si se libera este Bio-gas directamente a las atmósfera para obtener espacio se generaría una contaminación adicional al medio ambiente y se estaría cambiando un problema por otro, es por esto que el Bio-gas debe de ser quemado antes de liberarse a la atmósfera para reducir su carga de contaminación.

Si los equipos salieran de servicio rápidamente la planta no tendría espacio suficiente para almacenar el Bio-gas y como consecuencia no se podría seguir con la correcta digestión del lodo; es por esto que se debe realizar un mantenimiento adecuado y rápido que me garantice el correcto funcionamiento del equipo.

6.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se consulto la documentación existente en la planta para el área de mantenimiento, evaluando el estado de dicha información en cuanto a su cantidad y calidad para poner en práctica un correcto mantenimiento.

En esta labor se encontraron catálogos de fabricantes, archivo de órdenes de trabajo ejecutadas, periodicidad del mantenimiento, listado de proveedores y guías de seguridad industrial, documentos que fueron de gran utilidad para conocer más sobre el funcionamiento y su estado.

Aunque no existe un registro de inspecciones, reporte de fallas ni planos de montaje actualizados de los equipos en el área de instrumentación, donde el reporte de dicha información es de gran importancia para un programa de mantenimiento.

Adicionalmente se realizó una recolección de información de las mediciones realizadas por los caudalímetros con ayuda del sistema SCADA, esta recolección de datos se realizó por un periodo de tres meses con el fin de caracterizar el funcionamiento de los equipos; identificar bajo que condiciones los equipos generaban fallas, con esta información se hizo notar que el caudalímetro de Tajea B normalmente salía de servicio cuando este medía caudales por debajo de $0.9\text{m}^3/\text{s}$ y que el caudalímetro de tajea A era muy estable en su medición sin embargo presentaba algunos picos eventuales.

6.3 IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS

Antes de realizar labores de mantenimiento es necesario conocer con anterioridad el estado de los equipos, por eso se hizo un chequeo general a cada uno de los equipos, identificando que tipo de falla presentaban y posteriormente darle solución a éstas.

A continuación se describe el estado en que se encontraba cada equipo.

6.3.1 Medidores de Caudal. La planta cuenta con 5 medidores de caudal tipo ultrasónicos de marca ultraflux UF 322, a los cuales se les realizó una inspección a cada uno de los equipos para identificar su tipo de montaje y el estado de funcionamiento de cada uno.

Caudalímetro de Cañaveralejo

Se encuentra ubicado en las afueras de la PTAR-C y comunicado por MODEM al SCADA ubicado en la PTAR-C, se encarga de medir el caudal del agua entrante proveniente de la zona de agua blanca, este equipo se encontraba fuera de funcionamiento y presentaba fallas en el LCD y el teclado, el transmisor está ubicado en un campo abierto del cual se nota que ha tenido un rápido deterioro por los rayos solares y el agua proveniente de la lluvia, maneja un solo par de sondas tipo externas instaladas superficialmente en tubería de acero, la tubería se encuentra ubicada en una cámara bajo la superficie y la medición se realiza por tubería llena.

Caudalímetro de Impulsiones

Se encuentra ubicado dentro de la planta en el área de impulsiones, se encuentra comunicado por red al SCADA y presentaba un buen funcionamiento, sin embargo el transmisor se encuentra sometido a la interperie, la tubería se encuentra en una cámara bajo la superficie, posee un par de sondas intrusivas y la medición se realiza por tubería llena.

Caudalímetro de Colector Central

Se encuentra ubicado dentro de la planta, actualmente este equipo no se encontró instalado por motivo de rediseño y garantía, sin embargo el equipo manejaba dos pares de sondas intrusivas y adicional a estas como la medición se realizaba por canal abierto, es decir tubería parcialmente llena, el equipo poseía un piezoeléctrico para medir la presión del agua

Caudalímetro de Tajea A.

Se encuentra ubicado dentro de la planta en el área de sedimentadores, este equipo presentaba medición pero esporádicamente se salía de servicio, tiene comunicación por red con el SCADA, la tubería se encuentra en una cámara bajo superficie, posee dos pares de sondas intrusitas y la medición se realiza por tubería llena.

Caudalímetro de Tajea B.

Se encuentra ubicado dentro de la planta en el área de sedimentadotes, posee comunicación por red con el SCADA, el equipo presentaba mediciones erróneas, adicionalmente el teclado no funcionaba, la tubería se encuentra en una cámara bajo superficie, posee dos pares de sondas intrusitas y la medición se realiza por tubería llena.

Tabla 6.1. Cuadro de identificación de caudalímetros.

Q	Ref. equipo	Caudalímetro	Tipo de sondas	# de cuerdas	Configuración de sondas
1	UF 322L	Cañaveralejo	Externas	1	Modo directo
2	UF 322L	Impulsiones	Intrusivas	1	Modo directo
3	UF 322COS	Colector central	Intrusivas	2	Modo directo
4	UF 322L	Tajea A	Intrusivas	2	Modo reflex
5	UF 322L	Tajea B	Intrusivas	2	Modo reflex

Para conocer su ubicación en la planta ver Anexo 2.

Adicionalmente como las tuberías se encuentran en una cámara bajo superficie en algunos casos estas cámaras se encontraron inundadas por el agua lluvia, en estos casos se recurrió a hacer achiques a la cámara para retirar el agua.

6.3.2 Calentador de Agua. En el área de generación de planta se encuentra el calentador de agua Kayanson Dragon Modelo D5X posee una puerta abisagrada frontal y recubierta con un aislante refractario liviano resistente al calor, el aislamiento térmico del horno es del tipo de colchón de lana de vidrio dentro del revestimiento de lámina metálica.

Funciona bajo el mismo principio de una caldera pirotubular, posee un quemador de combustible por inyección atornillado a la puerta frontal, el cual se ajusta a la operación con Biogás o Gas Natural.

El calentador se encontraba en funcionamiento, pero durante su operación presento brote del empaque por un costado de la puerta frontal, este brote podría ser igniciones de daño en el empaque y se podría presentar fugas.

6.3.3 Quemadores de exceso de Bio-gas. La planta cuenta con dos quemadores de gas HAAT FL550 de combustión forzada en torre cilíndrica autosostenible tiene la capacidad de quemar Biogás de una composición típica de 65 % metano y 35 % dióxido de carbono, a un flujo de $550 \text{ m}^3 / \text{h}$ de gas.

La planta posee dos quemadores de este tipo con el fin de dejar un quemador en Stand by, para cuando se le haga mantenimiento a uno o salga de servicio temporalmente.

Una de las torres se encontraba en funcionamiento aunque presentaba salida de servicio esporádica, mientras que la otra torre se encontraba fuera de servicio por que presentaba falla durante el arranque.

6.4 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS A LOS CAUDALIMETROS.

Conociendo la importancia de realizar un manual de mantenimiento claro y contundente nos dimos a la tarea de realizar labores de mantenimiento a cada equipo; con esto buscamos adquirir experiencia y conocimiento sobre los procedimientos de desmonte y mantenimiento que se le deben realizar a estos equipos, con la información recolectada durante el mantenimiento fue de gran ayuda para que posteriormente generar algunos aportes adicionales para facilitar esta tarea, como lo son formato de reportes de fallas, listado de parametrización, diagrama de conexión, de igual forma se describió una serie de pasos coherentes para ejecutar la labor de mantenimiento y otra serie de pasos para determinar las fallas más comunes y su solución. A continuación se describe las labores de mantenimiento ejecutadas para cada equipo.

Caudalímetros.

Se realizó el acompañamiento al personal representante de los caudalímetros ultraflux con el fin de dar solución a los problemas existentes en cada equipo, Para ejecutar esta tarea inicialmente se realizó una identificación previa de los breakers de suministro de energía para cada equipo con el fin de suspender el suministro de esta y se procedió a realizar el desmonte de cada equipo.

Caudalímetro de Tajea B.

Este caudalímetro presentaba mediciones erróneas, adicionalmente el teclado no funcionaba, para darle solución al problema del teclado se reemplazó la cinta de conexión entre el teclado y la tarjeta electrónica;

Para poder resolver la falla de las mediciones erroneas primero se observo en el transmisor los niveles de decibeles (db) alcanzados por cada par de sonda, es importante verificar los decibeles por que una sonda en optimas condiciones de funcionamiento debe marcar decibeles entre 5db y 30db para garantizar una medida confiable, estos valores eran superados aleatoriamente, lo cual era inicio de que un par de sondas se encontraba en falla, se procedió a realizarle pruebas a cada par de sonda y identificar cual es la que presentaba la falla; habiéndola identificado se procedió a revisar su bornera de conexión y se encontró con filtración de agua en la cabeza de la sonda , esto ocasionaba un pequeño corto en la borneras, de igual forma el cable de conexión que comunica las sondas con el transmisor se encuentra bastante deteriorado por el agua lluvia que cae a la cámara donde se encuentra las sondas.

Se realizo una nueva conexión en la cabeza de las sondas y se sello para evitar filtraciones de agua, con esto el problema se soluciono.

Lo que realmente sucedía es que el equipo está configurado para tomar dos medidas por aparte “una con cada par de sondas” , tomada cada medición el equipo calcula un promedio de la medición y este es el resultado final que enseña en el LCD, como una par de sondas estaba fuera de servicio el equipo tomaba una medición de cero con un par y con el otro par la medición correcta, al promediar el equipo éstas mediciones se obtenía un resultado errónea en la medición final

Caudalimetro de Tajea A

Este equipo en el SCADA presentaba una tendencia en su medición bastante estable a comparación de los demás medidores, aunque de igual forma se pudo observar que esporádicamente su medición presentaba sobrepicos en su señal.

Se encontró niveles de decibeles (db) permisibles por el equipo para un correcto funcionamiento del medidor.

Además se rectificó y se realizó nueva conexión del cable en la bornera de la sonda intrusita y para evitar los picos en la medición se realizó una pequeña reorientación a las sondas, para disminuir los decibeles.

Caudalímetro de cañaveralito.

Se realizó desmonte y desensamble del transmisor, se observó que el problema del LCD era ocasionado por un mal contacto con la tarjeta electrónica, para solucionar el problema del teclado se reemplazó la cinta de conexión entre el teclado y la tarjeta electrónica.

Como este equipo se encontraba totalmente fuera de servicio “sin medición”, se verificó el estado de sus circuitos impresos y el estado de la conexión entre ellas, sin encontrar anomalías, se desmontó el transmisor y se conectó con otro par de sondas para determinar si la falla era del equipo o de las sondas, al realizar esta prueba se pudo determinar que el problema radicaba en las sondas o en el cable de conexión.

Se procedió a revisar la continuidad del cable y el estado de las sondas, las sondas aparentemente se encontraban en buen estado pero sin embargo no se obtenía medición.

Pero como este equipo maneja sondas tipo externas es necesario aplicar un agente conductor entre las sondas y la tubería (“vaselina, gel”), esto se aplica con el fin de aumentar la comunicación entre las sondas.

Al realizar la inspección se encontró que las sondas carecían de este agente conductor, aunque las sondas estaban en buen estado pero no tenían comunicación entre ellas, al aplicarle un agente conductor a las sondas inmediatamente se normalizo la medición.

Esto fue algo muy importante ya que está no era una tarea que se tenía prevista durante la ejecución de un mantenimiento, por que no se conocía su importancia, a raíz de esto se vio la necesidad de anexarla al plan de mantenimiento y determinar un periodo de aplicación para garantizar un buen funcionamiento

Caudalimetro de impulsiones.

Se verifico su tendencia en el SCADA, lo cual reflejo un comportamiento aceptable de la señal de medición, se inspecciono el nivel de los decibeles (dB) del par de sondas estando este dentro de un rango aceptable, se determino que el equipo se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, sin embargo se realizaron labores de ajuste y limpieza.

6.5 ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS A LOS CAUDALIMETROS

- Entre las actividades generales se realizo achique de cada una de las cámaras de ubicación de los sensores, en cada uno de los puntos de medición de caudal se realizo nueva conexión en la bornera de la cabeza de cada sonda, por la presencia de humedad y oxido.
- Se realizo una reorientación a las sondas de cada punto de medición buscando un nivel de decibeles (dB) aceptables por el equipo. Como complemento de esta actividad se llevo acabo la limpieza de la placa

- reflectora para el caso de los transmisores con montaje de sondas en modo reflex (V), obteniendo bajos niveles de decibeles (dB).
- Se llevo acabo la calibrada de cero de los trasmisores disponibles en la PTAR-C, para lo cual se necesito de la coordinación del operador de la sala de control, ya que para esta maniobra se necesito del cierre total de ingreso de agua, para obtener tuberías llenas sin caudal fluyendo.
- Después de la calibrada de cero de los transmisores se realizo el respectivo cruce de información del SCADA lo cual arrojo un dato aceptable a cerca de la totalización de agua entrante a la PTAR-C.

6.6 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOS CAUDALIMETROS

- Unos de lo principales problemas que presenta estos equipo es debido a la filtración del agua lluvia a las cámaras, filtraciones que en ocasiones la inundan por completo, esto ocasiona que se presenten cambios en la resistencia del cable de comunicación ocasionando perdida en la calida y la potencia de las señales enviadas por los sensores, ocasionando una mala toma de datos, ante este problema se debería plantear la solución de impermeabilizar las cámara garantizando el buen estado del cable y los sensores.
- Es recomendable realizar el cambio del cable de conexión entre las sondas y el transmisor ya que se observo bastante deteriorados. Adicional a esto se requiere que la conexión en la bornera de la sonda sea lo más limpia posible, es decir tener la precaución de no dejar borneras cortocircuitadas y contar con un buen punto de tierra, ya que este perturbaría el

- acondicionamiento de la señal y por consecuencia se tendrá una medición errónea.
- En cuanto a los transmisores se le deberían de realizarle una cubierta que los proteja del sol y del agua, con esto se lograría solucionar el problema común del mal funcionamiento del teclado, ya que se debe primordialmente al sol intenso que recae sobre este elevando la temperatura y ocasionando que las pistas de la cinta de conexión se abran,

6.7 APORTES ADICIONALES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS CAUDALIMETROS

Como hay ausencia de registros historiales de los equipo, lo cual no permite un conocimiento del comportamiento de estos que con lleven a un constante mejoramiento del programa de mantenimiento, por este motivo se vio la necesidad de crear un formato para el reporte de dicha información (ver Anexo 3 y Anexo 5);

Esto busca generar un registro del comportamiento del equipo para determinar las posibles causas de las fallas eventuales.

Durante el mantenimiento de los equipos se hizo notar la ausencia de un listado de parámetros de configuración y parametrización de cada equipo, ya que cada equipo está configurado bajo condiciones de trabajo diferentes, igualmente se tenía poca claridad sobre la conexión en las borneras en la cabeza de la sonda.

Consientes de estás falencias procedimos a generar un listado del parámetros de calibración para cada caudalimetro, facilitando con esto el confrontar si la configuración del equipo es la adecuada o ser utilizado para configurar el equipo en futuras ocasiones (ver anexo 4),

Como no se tenía claridad sobre la conexión en la bornera de la sonda se realizó un esquema el cual aclararía su conexión ver figura 7.7, y así garantizar que los equipos se encuentren bien conectados.

6.8 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS AL CALENTADOR

Inicialmente el mantenimiento se realizó en compañía del equipo mecánico e instrumentista de la PTAR-C, se procedió a sacar el calentador de servicio, y dejarlo reposar por un día con el agua aun circulando. Luego se procedió a abrir la puerta frontal se empezó por chequear el brote del empaque de la puerta, donde su evaluación fue positiva ya que se considero que la fibra del empaque se encontraba todavía en buen esta y que el incidente fue ocasionado por que el empaque había cedido por el calor y se tenía un mal ajuste de las tuercas de sello de la puerta.

Se continuó con el chequeo del refractario cerámico de la puerta el cual presento una superficie con apariencia aceptable, aunque se noto una pequeña grieta en su borde.

Al revisar el hogar se encontró que en la mayoría de su superficie se presentaba cubierto por una ceniza blanca y en la parte trasera en el deposito de cenizas, el color de estas se tornaba bastante oscuro lo cual podría ser un síntoma de una combustión no adecuada.

Para obtener más información sobre la ceniza se procedió a consultar al personal de Calderas del Occidente Ltda., los cuales se encuentran brindando asesoría y chequeo periódico a este equipo; con ayuda de este personal se determino que la ceniza era normal para este tipo de calentador, pero si embargo había que retirar

la ceniza depositaba en este y realizar un mantenimiento más periódico para evitar acumulación de mucha ceniza.

Se procedió a retirar los retardadores de los tubos del hogar los cuales presentaban síntomas de bastante deterioro e incluso se hallaron retardadores partidos y además en algunos de los tubos no existían. Una vez retirados los retardadores se procedió a inspeccionar el estado de los tubos donde habitan los retardadores, encontrándose estos con una capa considerable de cenizas la cual se debía retirar, para mejorar la transferencia de calor entre los gases calientes y el agua. Se chequeo el estado del aislamiento térmico sin encontrar ninguna anomalía en este.

Se realizo el desmonte de la válvula de seguridad del calentador y se comprobó que se encontrara calibrada a 5.2 bar, garantizando con esto que la válvula se disparara en caso de sobrecarga.

Adicionalmente se realizo un breve chequeo del accionamiento de las válvulas de cierre del tren de gas hacia el quemador, del cual se comprobó su accionamiento, pero no se hizo prueba de cierre total, lo cual es primordial en estos instrumentos por seguridad.

6.9 ACTIVIDADES GENERALES REALIZADAS AL CALENTADOR

Se retiro toda la ceniza acumulada en el hogar y los tubos del equipo, se inspecciono el calentador sin encontrar inconvenientes y se realizo una limpieza y lubricación a todo el equipo

6.10 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL CALENTADOR

De la ejecución de estas actividades se identifico que no se esta realizando una constante inspección o adecuado procedimiento de los siguientes aspectos:

- No se esta llevando inspección del estado de las tuercas de sello de la puerta, lo cual es de considerable cuidado debido a la tendencia de aflojarse por sufrir dilatación y continuas vibraciones.
- Se debe realizar un seguimiento de la mezcla de combustión, requiriendo de por lo menos de un chequeo visual de la llama y su respectivo ajuste del cabezal de combustión por medio del tambor regulador, en busca de una llama constante y con tendencia al color azul.
- Se sugiere que cada que se programe la actividad de mantenimiento de esta unidad, se tengan disponibles retardadores para realizar reposiciones. Adicional a esto se requiere que su ubicación sea a 30 cm desde la puerta frontal del hogar, con esta ubicación los retardadores aprovechan los gases más calientes y ayudan a mantener por más tiempo el calor en el hogar.
- En este equipo las correas del elevador de presión de gas y el inyector de aire tienen una gran importancia en el funcionamiento del equipo, es por esto que es de suma importancia realizar un frecuente alineamiento de la correa y mantenerlas a una tensión adecuada, aplique antideslizante periódicamente a la correa para evitar que patine y se deteriore durante el arranque o funcionamiento.

- Actualmente la válvula de seguridad del equipo se encuentra en buen funcionamiento sin embargo en caso de activación el agua saldría disparada hacia los alrededores del equipo, por que esta válvula no cuenta con su respectiva tubería de drenaje, lo cual representa un constante riesgo tanto al personal como a los equipo vecinos, es necesario instalar un sistema de drenaje adecuado para está válvula.
- De igual forma el calentador no cuenta con un sistema de drenaje rápido y confiable para el agua depositada en el equipo, esto es muy útil para realizar las actividades de mantenimiento a las válvulas, a la tubería o al equipo mismo.

6.11 APORTES ADICIONALES PARA EL MANTENIMIENTO DEL CALENTADOR

- Como no existe un formato del cual me indica la calibración de los interruptores de presión, la válvula de seguridad y el termostato de control, nos dimos a la tarea de generar este listado con el fin de facilitar la comprobación de la buena calibración de cada instrumento, ver anexo 4 garantizando que el instrumento se encuentre dentro los parámetros de funcionamiento.
- Como hay ausencia del registro histórico del comportamiento y posibles fallas del calentador, nos encargamos de diseñar un formato del cual no ayudara a reportar las novedades observadas durante la inspección del equipo ver anexo 6, de está forma se podrán caracterizar las anomalías más comunes y tomar correctivos.

6.12 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS AL QUEMADOR

Para la fecha de este mantenimiento el equipo se encontraba por fuera de servicio, ya que se le daba arranque al sistema pero de inmediato se iba a falla.

En busca de la solución se empezó por la revisión del porta electrodo de ignición de donde se observó buena apariencia de la cerámica del electrodo y buen estado de su cable conector, así que solo se procedió a su limpieza y el ajuste de el anillo de escape de gas.

Se continuo con la inspección de la caja de control, donde por ser este un modulo compacto, se limitó solo a chequear el estado de las conexiones eléctricas y del buen contacto del modulo de control y la tarjeta impresa sujetadora.

Con los pasos anteriores se descartando que la falla se debiera a la ausencia de chispa de ignición

Posterior a esto se procedió al desmonte del tramo de tubería de la línea piloto que contenía las válvulas solenoides para la ignición de la llama y fueron llevadas al banco de pruebas, donde se conectó a una línea de aire y se comprobó el accionamiento de las válvulas con un suministro de alimentación de 110 voltios AC., el cual no presentó ningún problema.

Se pasó luego al desmonte del mecanismo de accionamiento de las válvulas de la línea principal de donde solo fue posible desmontar uno de ellos por encontrarse la otra bastante ajustado y el estado de sus tornillos bastante delicados, corriendo el riesgo de fracturar la cabeza de estos. Al realizar la prueba al mecanismo se observó buen funcionamiento de este.

Por ultimo se desmontaron los dos interruptores de presión de la línea principal y fueron llevados al banco de pruebas neumáticas para verificar su accionamiento, donde se encontró que uno de ellos tenia su mecanismo descompuesto (resorte y brazo de apoyo sueltos), lo cual requirió del ajuste del brazo y cambio del resorte de accionamiento; y se procedió a su prueba y calibración para nuevamente ser instalados.

Solucionando el problema del interruptor de presión se normalizo el funcionamiento del quemador.

6.13 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL QUEMADOR

- De las labores realizadas se identificó que antes de hacer cualquier despiece del sistema por presentar falla del equipo, se sugiere realizar como primera medida una inspección detallada del sistema con el fin de localizar algún síntoma o problema evidente, de no encontrarse alguna situación clara del problema se debe empezar por revisar la calibración de los interruptores de presión de la línea principal, debido a que del disparo de estos depende el accionamiento de las válvulas de la línea piloto y principal. Es mas, si se tiene la sospecha que el problema es por el no disparo de uno de ellos, se puede proceder a cortocircuitar el interruptor simulando su accionamiento.
- Es claro que se debe tener cuidado con la calibración de estos interruptores de presión de accionamiento mecánico, ya que el sistema a pesar de contar con juntas flexibles entre los elevadores de presión del gas y la línea principal, se filtran vibraciones que a largos periodos producen considerables cambios en los sistemas mecánicos.

- De igual forma sucede con el ajuste del aire de combustión el cual con el transcurso del tiempo se ve alterado por las vibraciones del sistema, llevando al equipo a falla por una no apropiada mezcla de combustión.

6.14 APORTES ADICIONALES PARA EL MANTENIMIENTO DEL QUEMADOR

Igual que el resto de los equipos este carecía de información de los set-point de calibración de los interruptores de presión, ver anexo 4 garantizando que el instrumento se encuentre dentro los parámetros de funcionamiento.

Como hay ausencia del registro histórico del comportamiento y posibles fallas del quemador, nos encargamos de diseñar un formato del cual no ayudara a reportar las novedades observadas durante la inspección del equipo ver anexo 6, de esta forma se podrán caracterizar las anomalías más comunes y tomar correctivos.

6.15 GENERACION DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Concientes de la importancia de realizar un buen mantenimiento a los equipos y el conocimiento previo que se debe tener para ejecutar esta labor, nos enfocamos a realizar un manual de mantenimiento el cual sea lo más claro y conciso posible; para alcanzar dicho propósito se ilustra y describe paso a paso el despiece y desmonte de los equipos, las partes que lo componen y el procedimiento adecuado de las actividades que implican su mantenimiento.

Además con esto se pretende nivelar el conocimiento que tiene el personal sobre cada uno de los equipos y tener siempre disponible personal capacitado para el mantenimiento de estos equipos, teniendo la disponibilidad de la información ante cualquier inquietud.

Adicional a la descripción del procedimiento de mantenimiento se realizó un listado de las fallas más comunes que puede presentar cada equipo, describiendo como identificarlas y como proceder ante la situación, con el fin de que el personal encargado de la reparación se encuentre capacitado para resolver el problema de la forma más rápida y confiable, disminuyendo costos de mantenimiento.

Para conocer dichos procedimientos.

Ver capítulo 7. Caudalímetros ultrasónicos.

Ver capítulo 8. Calentador de agua por combustión de Bio-gas.

Ver capítulo 9 Quemador de exceso de Bio-gas.

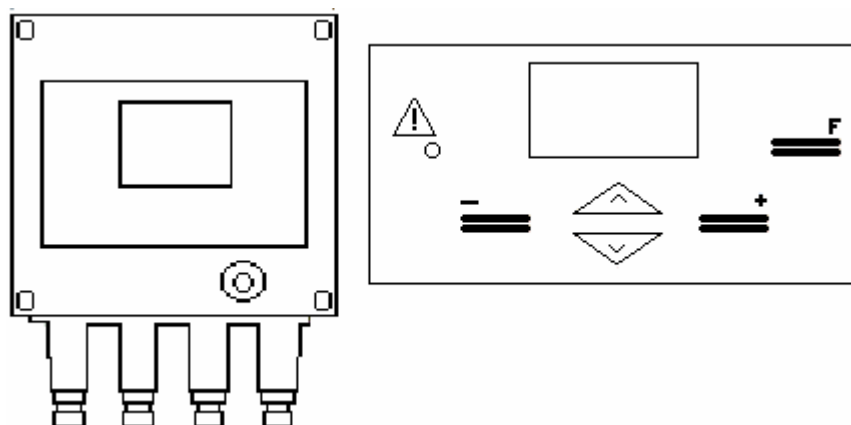
7. MANUAL DE LOS CAUDALIMETROS ULTRASONICOS

7.1 INFORMACIÓN GENERAL

FICHA TÉCNICA	
Equipo: Caudalímetro ultrasonico.	Ubicación: Línea de aguas residuales.
Cantidad: 5	TAG: E.07.08FIT01.01/.02/.03/.06/.07
<p>Placa de datos:</p> <p>Medición con 1 y/o 2 pares de sensores.</p> <p>Alimentación 110/220V 50/60 Hz.</p> <p>Consumo 11 W</p> <p>Señal de salida 4 - 20 mA.</p> <p>Temperatura de trabajo : -10 a + 50° C.</p> <p>Precisión: $\pm 1 \%$ (1 par de sensores).</p> <p>Precisión: $\pm 0.5 \%$ (2 par de sensores).</p> <p>Mínimo tiempo de respuesta: 0.3 s.</p> <p>LCD de 128 puntos X 64 puntos.</p> <p>Programable mediante teclado o PC.</p>	<p>Datos adicionales:</p> <p>Marca: Ultraflux.</p> <p>País de fabricación: Francia.</p> <p>Modelo: UF 322</p>
Sensor intrusivo.	Ref: 1611
<p>Máxima presión nominal 16 Bar.</p> <p>Temperatura de operación -10 / +60 °C.</p>	

Sensor externo.	Ref: 1591
Máxima temperatura de trabajo 80°C. Instalación en tuberías de PVC, acero, acero inoxidable, hierro fundido.	

Figura 7.1. Vista frontal del caudalímetro.

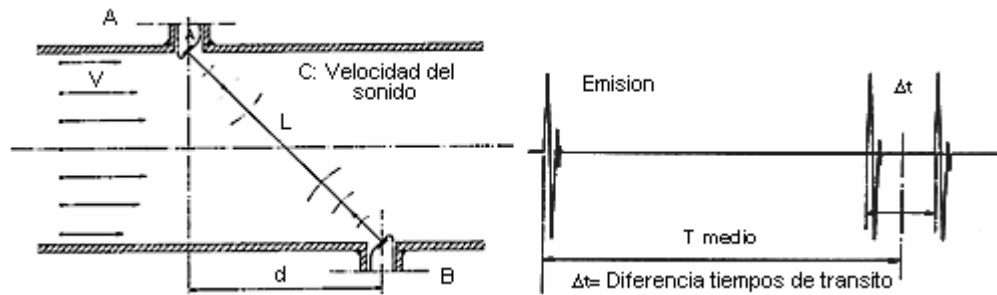


7.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Dos sensores montados sobre la tubería envían y reciben simultáneamente impulsos ultrasónicos que son tomados por el transmisor para medir la diferencia de tiempos de propagación de las ondas acústicas. Si no hay caudal, los dos sensores reciben en el mismo tiempo la onda ultrasónica transmitida, es decir, el tiempo de tránsito no presenta ningún retraso. En cambio, cuando el líquido está en movimiento, las ondas ultrasónicas no alcanzan los dos sensores al mismo tiempo. Esta diferencia de tiempo se denomina “tiempo de tránsito”, que es

directamente proporcional a la velocidad de circulación del fluido y por tanto, al caudal volumétrico.

Figura 7.2. Principio de medición.



V = Velocidad del Fluido

L = Longitud entre A y B

d = Proyección de L sobre la tubería

T_{AB} = Tiempo de Propagación de A a B

T_{BA} = Tiempo de Propagación de B a A

ΔT = Diferencia entre $T_{BA} - T_{AB}$

$$V = \frac{L^2}{2d} \left(\frac{\Delta T}{T_{AB} * T_{BA}} \right)$$

7.3 MONTAJE DE SENSORES EN LA TUBERÍA

El caudalímetro UF 322 está diseñado para funcionar con sondas intrusivas o externas. En ambos casos estas se pueden configurar para medir una o dos velocidades en la misma tubería (sistema monocuerda o bicuerda). Las sondas

intrusivas se pueden instalar en una plano diametral o lateral, las sondas externas se colocan únicamente en el plano diametral.

Instalación de sondas :

- Modo Directo (/).
- Modo Reflex (V).
- Modo Doble-Reflex (W).

Para mejor visualización de los tipos de montaje ver Anexo 7.

Los sistemas monocuerda se emplean cuando las condiciones hidráulicas son satisfactorias, mientras que los sistemas bicuerda evitan las perturbaciones hidráulicas y mejora la precisión de la medida a baja velocidad.

Nota: Para montajes con configuración de sondas en modo reflex (V), es de suma importancia efectuar una limpieza periódica de la placa reflectora, ya que una excesiva suciedad de esta dificulta la labor de orientación de las sondas, además de la llegada de una señal con amplitud débil que en el peor de los casos le es difícil al transmisor hacer lectura de esta, reportándose entonces la ausencia de la señal.

7.4 INVENTARIO DE LOS CAUDALÍMETROS EN LA PTAR – C

En las instalaciones de la PTAR – C para controlar el ingreso de aguas residuales y determinar la dosificación de químicos necesaria para el tratamiento, se cuenta con los siguientes equipos de medición de caudal.

Caudalímetros (Q):

- Caudalímetro de Cañaveralejo. (Por fuera de la PTAR – C)
- Caudalímetro de Impulsiones. (En la PTAR - C)
- Caudalímetro de Colector Central. (En la PTAR - C)
- Caudalímetro de Tajea A. (En la PTAR - C)
- Caudalímetro de Tajea B. (En la PTAR - C)

Tabla 7.1. Caudalímetros de la PTAR – C.

Q	Ref. equipo	TAG	Tipo de sondas	# de cuerdas	Configuración de sondas
1	UF 322L	E.07.08FIT01.01	Externas	1	Modo directo
2	UF 322L	E.07.08FIT01.02	Intrusivas	1	Modo directo
3	UF 322COS	E.07.08FIT01.03	Intrusivas	2	Modo directo
4	UF 322L	E.07.08FIT01.06	Intrusivas	2	Modo reflex
5	UF 322L	E.07.08FIT01.07	Intrusivas	2	Modo reflex

Para conocer su ubicación en la planta ver Anexo 2.

7.5 MANTENIMIENTO GENERAL

El mantenimiento general para este dispositivo comprende tanto su elemento primario (sondas) como su dispositivo transmisor, servicio que para ser de calidad y obtener óptimos resultados, deberá incluir las siguientes actividades en sus componentes:

Transmisor:

- Desmonte y limpieza interna del equipo.
- Ajuste de las tarjetas impresas.
- Verificar el estado de las cintas de conexión entre las tarjetas y el ajuste en sus conectores.
- Verificar la rosca en la caja de aluminio del transmisor para los tornillos de ajuste de los conectores externos.
- Verificar el ajuste interno de los terminales en cada uno de los conectores externos.

Nota: Para dar servicio a los sensores se debe realizar con anterioridad la inspección respectiva de la cámara donde se encuentran los sensores para determinar si se requiere o no el achique del sitio.

Sonda Intrusiva:

- Desmonte y limpieza de las sondas.
- Limpieza de los terminales de la sonda.
- Rehacer la conexión del cable en los terminales de la sonda.
- Reensamble y orientación de la sonda.

Sonda externa:

- Desmonte y limpieza de las sondas.
- Verificar el empalme del cable de conexión con los cables terminales de la sonda.
- Aplique de agente conductor entre la tubería y la sonda.

- Fijación y orientación de la sonda.

7.6 ACTIVIDADES PREVIAS AL MANTENIMIENTO

Preparación para la ejecución del trabajo:

- Contar con la autorización para la ejecución del trabajo.
- Utilizar los elementos de protección personal (Guantes dieléctricos, casco y botas).

Herramientas de uso:

- Destornilladores pequeño y grande de pala y estría.
- Llaves expansivas grandes.
- Llaves de *allen*.
- Lubricante
- Pela cable.
- Pinza.
- Multímetro.

Salida de servicio del equipo

Antes de manipular el equipo se debe garantizar un aislamiento total del transmisor (Ultraflux UF 322) con la fuente de alimentación. La alimentación de los medidores de caudal está a cargo de los *Breaker* (ver Tabla 7.2) ubicados en los cuartos eléctricos:

Tabla 7.2. *Breaker* de alimentación.

TAG	Equipo	Breaker	Ubicación
E07.08.FIT.01.01	Cañaveralejo	QF32.1	Cuarto Eléctrico de Elevación
E07.08.FIT.01.02	Impulsiones	QF34.1	Cuarto Eléctrico de Elevación
E07.08.FIT.01.03	Colector Central	QF39.1	Cuarto Eléctrico de Elevación
E07.11.FIT.01.06	Tajea A	QF151.1	Cuarto Eléctrico de Sopladores
E07.11.FIT.01.07	Tajea B	QF152.1	Cuarto Eléctrico de Sopladores

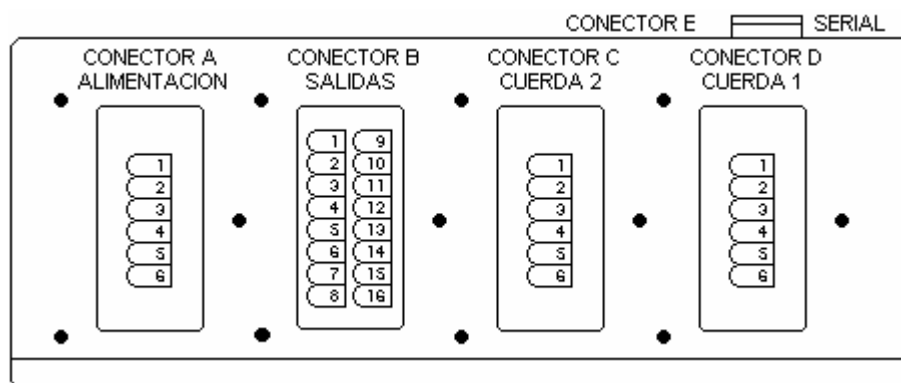
7.7 DESMONTE DEL TRANSMISOR

Para esta actividad siga los siguientes pasos:

- Paso 1: Desmonte de los conectores externos.

El equipo en su parte inferior cuenta con cuatro conectores sujetos por tres tornillos cada uno (ver Figura 7.3).

Figura 7.3. Conectores externos del transmisor.

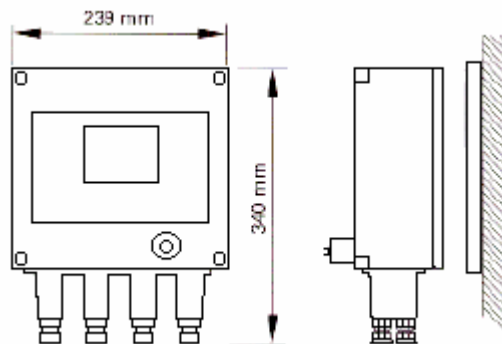


- Paso 2: Desmonte de la Placa soporte del equipo.

El transmisor se encuentra ajustado a la placa soporte por medio de cuatro tornillos que se encuentra ubicados a los cuatro extremos del equipo, retire los tornillos y desmonte el equipo.

Nota: Se debe tener especial cuidado de no dejar caer el equipo además de utilizar la llave de *allen* adecuada con el fin de no dañar o rodar la cabeza del tornillo.

Figura 7.4. Montaje sobre placa soporte.



- Paso 3: Desmonte de la Tarjeta 1.

Después de desmontar el equipo, en la parte posterior de este se encuentra la Placa de ajuste (ver Figura 7.5) retírela y saque los 8 cables tirando hacia arriba con ayuda de una pinza.

Nota: Los cables se encuentra numerados de izquierda a derecha del 1 al 8, en caso de no ser legible el numero, el numero corresponde al código de colores de la resistencias. (Ej: 1 para Café, 5 para el Verde).

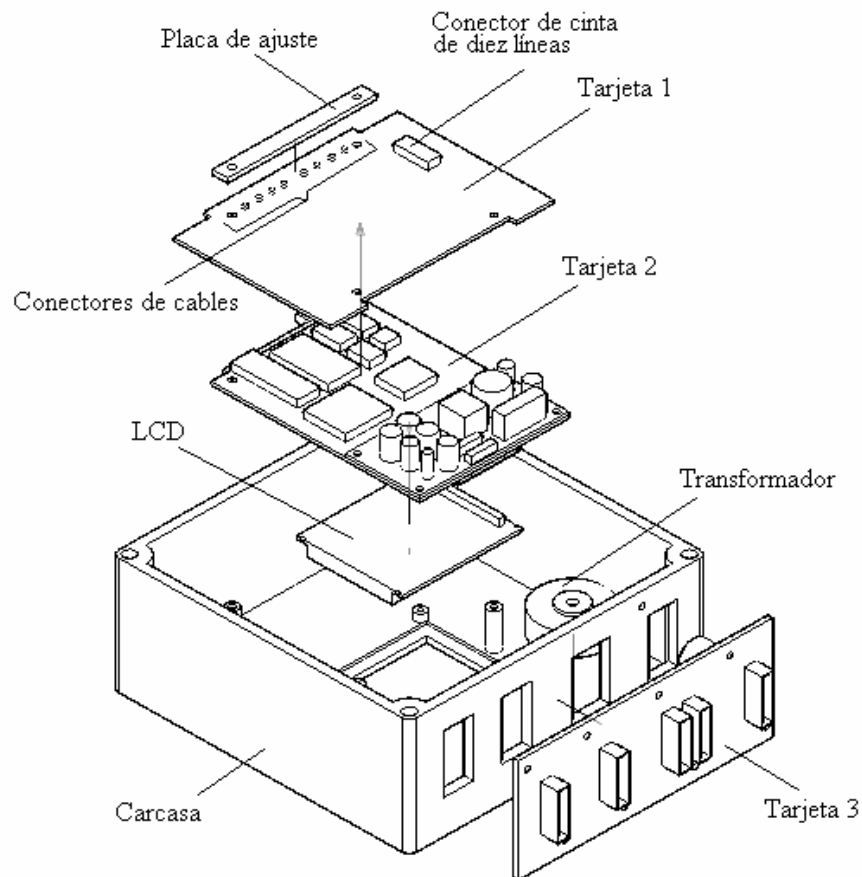
Desconecte la Cinta de diez líneas (ver Figura 7.5) presente en la Tarjeta 1(ER 2-42) que comunica con la Tarjeta 2, con el cuidado de no doblarla

para evitar abertura en las líneas. Retire los tornillos y saque la Tarjeta 1 (ER 2-42).

- Paso 4: Desmonte de la Tarjeta 2.

Retirar los tornillos y levante un poco la Tarjeta 2 con el fin de desconectarla del LCD; desconectar el Teclado y los 3 conectores de comunicación con la Tarjeta 3 (ver Figura 7.5).

Figura 7.5. Clasificación de partes.



- Paso 5: Desmonte de LCD.

Retire los tornillos de sujeción del LCD y sáquelo (ver Figura 7.5).

- Paso 6: Desmonte del Transformador.

Desconecte el transformador de la tarjeta 3 y retírelo (ver Figura 7.5)

- Paso 7: Desmote de la Tarjeta 3.

Retire el conector de la comunicación serial y saque la Tarjeta (ver Figura 7.5).

7.8 MANTENIMIENTO PARA EL TRANSMISOR

- Paso 1: Verifique el estado de las tarjetas electrónicas y la carcasa que no presenten húmeda o excesivo polvo, de ser así remueva el polvo y aplique lubricante o limpiador electrónico.
- Paso 2: Verifique la continuidad en las cintas de conexión, si estás presentan fallas o se encuentran en mal estado reemplácela por una nueva.
- Paso 3: Verifique el estado del par de fusibles, si se encuentra en mal estado reemplácelo por uno nuevo de las mismas especificaciones.
- Paso 4: Revise el ajuste de los integrados a su base y el ajuste del LCD con la Tarjeta

2.

- Paso 5: Si el equipo presenta falla en Pila Logger, reemplácela por una nueva (Pila referencia CR 2325).

Nota: Si el cambio de batería se demora se perderá los datos almacenados.

- Paso 6: Ensamble: Para realizar el ensamble del equipo se realiza los mismos pasos de Desmonte del transmisor en forma inversa. Verifique el estado de los conectores externos antes de conectarlos al transmisor (ver Anexo 8).

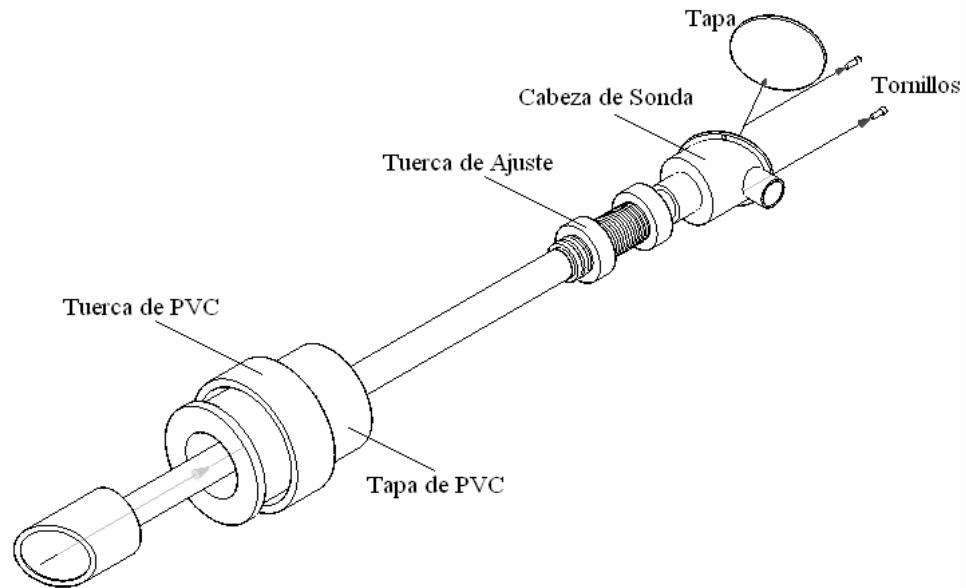
Nota: Para completar un buen mantenimiento en los montajes de los sitios conocidos como Tajeas, es indispensable realizar la limpieza de la placa reflectora ubicada dentro del canal de agua, ya que la suciedad en esta placa no permite un buen funcionamiento del sistema.

Este procedimiento se puede realizar con una periodicidad de 2 años.

7.9 DESMONTE DE LAS SONDAS INTRUSIVAS

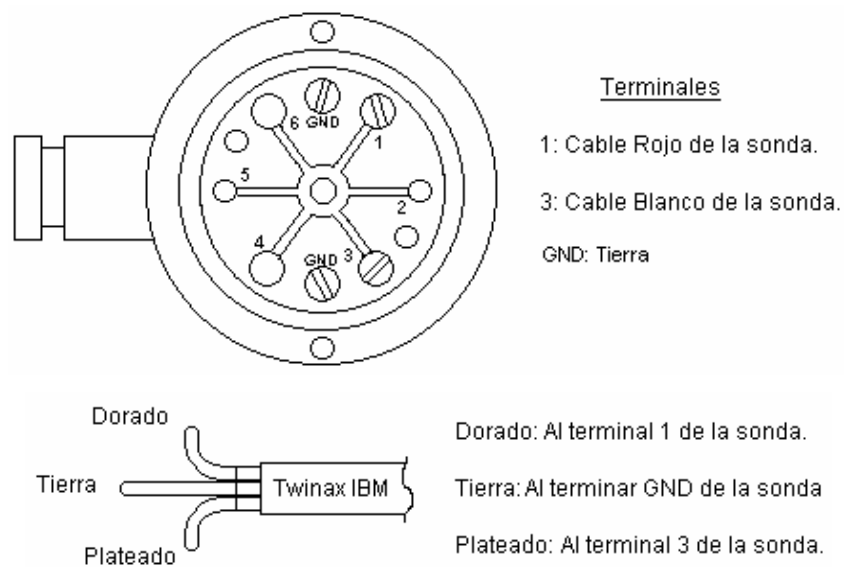
- Paso 1: Para desenergizar el equipo ver Salida de servicio del equipo en el punto 7.6.
- Paso 2: Extraiga la Tapa superior de la sonda retirando la silicona y el par de tornillos que la sujetan (ver Figura 7.6).
- Paso 3: Desconecte los tres cables de la sonda marcando su ubicación ya que estos no presentan ningún distintivo y se puede presentar confusiones en la conexión (ver Figura 7.7).

Figura 7.6. Clasificación de partes de la sonda.



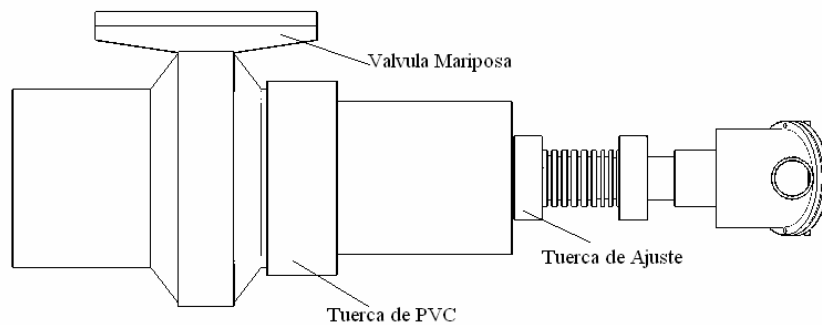
- Paso 4: Desenrosque la tuerca de sello ubicada entre la cabeza de la sonda y el cable principal para proceder a retirar el cable.

Figura 7.7. Cabeza de sonda.



- Paso 5: Afloje la Tuerca de ajuste que presiona la tapa de PVC (ver Figura 7.6 y 7.8).
- Paso 6: Gire la sonda en sentido anti-horario hasta terminar la rosca y luego extráigala hasta llegar a su tope.
- Paso 7: Girar la válvula mariposa 90 grados, para cortar el flujo del agua (ver Figura 7.8).

Figura 7.8. Montaje de la sonda.



- Paso 8: Desenrosque la Tuerca de PVC teniendo precaución de evitar salpicaduras con el agua depositada en la Tapa de PVC (ver Figura 7.6 y 7.8).
- Paso 9: Retire totalmente la sonda.

7.10 MANTENIMIENTO DE LAS SONDAS INTRUSIVAS.

- Paso 1: Realice la limpieza general a la sonda con suficiente agua y detergente suave; no utilice solvente.

- Paso 2: Verifique el estado de la bornera en la cabeza de la sonda, limpie y lubrique o de ser necesario reemplace el cerámico.
- Paso 3: Verifique el estado de los cables en el extremo que conecta a la sonda, de ser necesario corte su extremo y realice una nueva conexión.

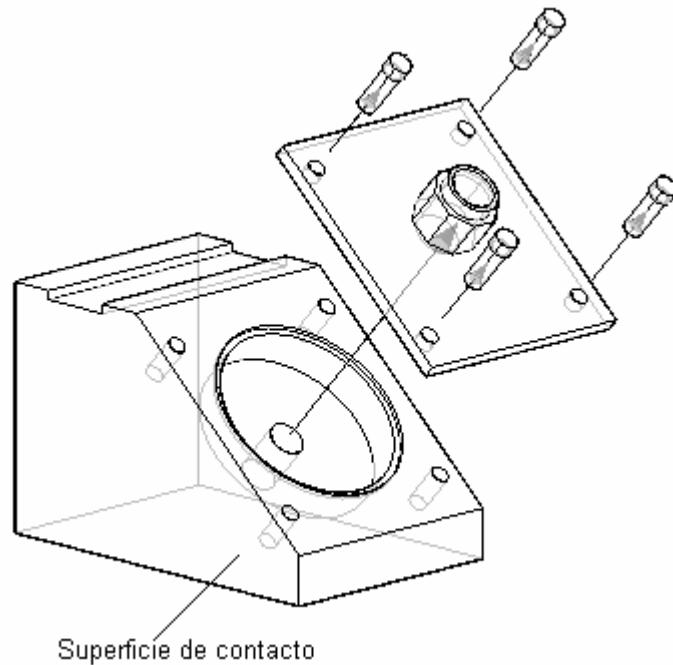
Nota: En el caso de ver la necesidad de reemplazar por completo un cable de conexión, es recomendable realizar el cambio de todos los cables de conexión de las sondas.

- Paso 4: Verifique el estado de los tornillos, de ser necesario reemplácelos por unos de acero inoxidable.
- Paso 5: Instale de nuevo la sonda siguiendo los pasos de Desmonte de sondas intrusivas de forma inversa y aplique agente de sello en la cabeza de la sonda con el fin de evitar filtraciones de agua.

7.11 DESMONTE DE LAS SONDAS EXTERNAS

- Paso 1: Para desenergizar el equipo ver Salida de servicio del equipo en el punto 7.6.
- Paso 2: Desajuste la abrazadera que sujeta la sonda con la tubería teniendo precaución de no dejar caer las sondas.
- Paso 3: Retire el par de sondas (si es necesario realice corte del cable).

Figura 7.9. Sonda externa.



7.12 MANTENIMIENTO DE LAS SONDAS EXTERNAS

- Paso 1: Realice una inspección general a la sonda y verifique que se encuentre en buen estado.
- Paso 2: Realice una limpieza superficial a la sonda.
- Paso 3: Aplique grasa en la superficie de contacto entre la sonda y la tubería (ver Figura 7.9).

Nota: Es de suma importancia la presencia de grasa en la superficie de contacto entre la sonda y la tubería, ya que la ausencia de esta deteriora la señal ultrasónica y no permite la medición.

- Paso 4: Verifique el estado de la abrazadera, que no presente oxido o deterioro, si es necesario reemplácela por una nueva.
- Paso 5: Verifique el estado del cable de conexión si es necesario realice una nueva conexión en sus terminales.
- Paso 6: Realice nuevamente el montaje de las sondas sobre la tubería.

7.13 INSPECCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Para realizar esta inspección hay que ubicarse en la función Medición y pulsar la siguiente secuencia ↓, ↓, para llegar a la función Información de la medición, encontrando la siguiente información:

Caudal: Indica el caudal presente.

Velocid: Velocidad promedio del fluido.

Vel. Son: Velocidad del sonido promedio.

V1: Velocidad del fluido tomada por la cuerda 1.

V2: Velocidad del fluido tomada por la cuerda 2. (Cuando son 2 cuerdas)

Pulsar ↓:

delta t1:

tiempo 1:

delta t2: (Cuando son 2 cuerdas)

tiempo 2: (Cuando son 2 cuerdas)

Vel. Son1:

Vel. Son2: (Cuando son 2 cuerdas)

Verifique que la velocidad del sonido se encuentre entre 1460m/s y 1490m/s para garantizar una medición confiable del equipo (ver Anexo 5).

Nota: En montajes bicuerdas verificar que los valores de las anteriores variables sean similares en ambas cuerdas y que sus promedios sean coherentes.

7.14 GUIA DE FALLAS DEL CAUDALIMETRO

7.14.1 Defectos de funcionamiento. Si el transmisor presenta el led indicador encendido y/o muestra el mensaje “CAUDAL HS” estando en la función de medición, el transmisor no realizara medida o en algunos casos mostrara una medida errónea, la cual es fácil de detectar por sus anormales variaciones. Para acceder al reporte de los mensajes de mal funcionamiento pulse la tecla (\uparrow), encontrando los siguientes posible mensajes de falla:

- Falla: DEFECTO ECO 1 y/o 2.

Indica que el eco no es recibido por el transmisor, o esta por fuera de la zona esperada.

Sugerencias:

Para una mejor información de la causa de la falla, se accede a la visualización del eco pulsando la secuencia F, F, F, F, \downarrow . En la grafica se consideran 3 situaciones:

- No hay ningún eco: Verificar que la tubería este llena, restaurar conexión en la sonda y orientarla.

- Hay eco por fuera de la zona de análisis (por fuera de las líneas verticales continuas de la grafica): Posibilidad de error en la programación de los datos geométricos.
- Hay eco de débil amplitud en la zona de análisis (dB mayores a 60): Restaurar conexión en la sonda y orientarla.

Nota: En montaje reflex se recuerda tener en cuenta la limpieza de la placa reflectora y en montaje de sondas externas se recuerda la aplicación del agente de acople entre la tubería y la sonda.

- Falla: DEFECTO CAUDAL.

Este mensaje es reportado después del DEFECTO ECO en montajes a una cuerda, mientras que en montajes bicuerdas es reportado solo cuando ambas cuerdas presentan DEFECTO ECO.

- Falla: DEFECTO RUIDO.

Indica que el nivel de ruido (línea horizontal continua) es significativo respecto al eco.

Sugerencia:

Considere la presencia de campos magnéticos generados por motores u otras fuentes.

- Falla: DEFECTO PILA LOGGER.

Indica bajo voltaje en la pila de la tarjeta *logger*. Al agotarse la pila no habrá toma de datos por parte de la tarjeta *logger*.

Sugerencia:

Cambie la pila lo más pronto posible. Durante el cambio la información de la tarjeta se conservara por 30 minutos.

7.14.2 Equipo fuera de servicio. Se considera este tipo de falla cuando en el caudalímetro no se visualiza nada y no hay respuesta frente a su operación.

Falla: Pantalla LCD en blanco.

Sugerencias:

Revisar el estado del *breaker* correspondiente al equipo.

Verificar el voltaje en el CONECTOR A y su ajuste en el transmisor.

Verificar el estado de los fusibles.

Chequear el estado y ajuste del conector interno del transformador.

Desconectar el teclado de la tarjeta impresa.

7.14.3 Otras fallas. Estas no permiten una correcta operación del equipo.

Falla: El teclado no responde.

Sugerencia:

Verifique la continuidad de la cinta que une el teclado con la tarjeta 2.

Falla: LCD con visualización incompleta.

Sugerencia:

Limpie y reajuste el LCD a su conector.

Falla: El equipo se bloquea eventualmente, registrando en el LCD de forma continua la ultima medida calculada.

Sugerencia:

Realice el corte del suministro eléctrico (ver tabla 7.2) por un lapso de 10 a 15 segundos y posteriormente restaure su alimentación eléctrica.

Falla: El equipo presenta desfase en la medida del caudal.

Sugerencia:

Realice la calibración de cero del equipo, para ejecutar esta maniobra se debe garantizar un caudal de $0 \text{ m}^3/\text{s}$ con tubería llena; se procede a modificar lentamente el ΔT del equipo hasta obtener una medición equivalente a cero caudal en el transmisor.

8. MANUAL DEL CALENTADOR DE AGUA POR COMBUSTIÓN DE BIOGAS

8.1 INFORMACIÓN GENERAL

FICHA TÉCNICA	
Equipo: Calentador de agua. Cantidad: 1	Ubicación: Edificio eléctrico – cuarto de generadores. TAG: M05.04
Placa de datos: Hogar tipo de 3 recorridos Capacidad 1200 Mcal / h	Datos adicionales: Marca: Kayanson – Dragon Shell Modelo: D5 Pais de fabricación: Reino Unido.
Ventilador de inyección de aire	Marca: Fans & Blowers Limited Modelo: 24 – 5Q
Motor: Potencia: 7.5 Kw Voltaje: 460 AC – 60 Hz Corriente: 14.7 A Velocidad: 1740 rpm	Marca: Invensys
Ventilador elevador de presión	Marca: Alldays & Peacock Limited Modelo: 2620 QT /HE
Motor: Potencia: 2.5 Kw Voltaje: 264/460 AC – 60 Hz Corriente: 5.4 A Velocidad: 1720 rpm	Marca: AEG

Quemador de gas	Marca: Unigas Modelo: P91
Quemador Mixto (Biogás o Gas natural) Alimentación: 230 / 400 VAC – 50 Hz Presión de entrada del gas: 70 mbar / 50 mbar.	

8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El calentador de agua Kayanson Dragon Modelo D5X es de cuerpo multitubular con combustión de llama retornable con acceso al horno y a los tubos de humo a través de una puerta frontal abisagrada y recubierta con un aislante refractario liviano resistente al calor.

El aislamiento térmico del horno es del tipo de colchón de lana de vidrio dentro del revestimiento de lamina metálica.

Esta equipado de un quemador de combustible por inyección atornillado a la puerta frontal, el cual se ajusta a la operación con Biogás o Gas Natural, donde ambas líneas de gas se encuentran a un costado del horno con un juego de válvulas independiente para cada combustible, líneas que finalmente se unen antes de entrar a la parte inferior del quemador.

El sistema requiere de dos ventiladores, uno para elevar la baja presión de suministro de Biogás y el otro para la inyección de aire hacia el quemador. Ambos ventiladores impulsados de forma independiente por motores con acople de correas.

El panel de control eléctrico se encuentra montado al lado izquierdo del calentador (visto desde el quemador), a el se encuentra conectado el quemador por medio de dos ensambles de conductores flexibles.

En la parte posterior del calentador esta la entrada de agua de retorno, mientras que en su cara superior esta el tubo de salida de humo y la salida de agua; además tiene acondicionado una válvula de seguridad, la cual debe ser recalibrada después de cualquier trabajo sobre el equipo.

8.3 COMPONENTES DEL CALENTADOR DE AGUA

El listado a continuación pertenece a los principales componentes asociados al equipo, para mayor ilustración de estos ver Anexos I y J.

- (1) Válvula de cierre manual.
- (2) Limitador de presión. Dungs NB 50 A4.
- (3) Elevador de Presión. Alldays & Peacock Limited 2620 QT/HE.
- (4) Interruptor de presión. Dungs GW 150 A4.
- (5) Válvula de cierre manual.
- (6) Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4.
- (7) Electrovalvula. Landis & GYR SKP 10. 110 B17 (V. De cierre).
- (8) Monitor de fuga. Dungs VDK 200 A S02.
- (9) Electrovalvula. Landis & GYR SKP 20. 110 B17 (V. De regulación).
- (10) Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4.
- (11) Válvula de cierre manual.
- (12) Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4.
- (13) Electrovalvula. Landis & GYR SKP 10. 110 B17 (V. De cierre).
- (14) Monitor de fuga. Dungs VDK 200 A S02.
- (15) Electrovalvula. Landis & GYR SKP 20. 110 B17 (V. De regulación).

- (16) Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4.
- (17) Quemador de gas. Unigas P91.
- (18) Inyector de aire. Fans & Blowers Limited 24 – 5Q.
- (19) Panel de control e indicador del quemador.
- (20) Servocontrol.
- (21) Panel eléctrico.
- (22) Válvula de seguridad.
- (23) Manómetro.
- (24) Termómetro.
- (25) Termostato de control.
- (26) Entrada de agua de retorno.
- (27) Salida de agua.
- (28) Salida de humo.
- (29) Control de presión.
- (30) Puerta frontal.
- (31) Cubiertas de la caja de humo.
- (32) Tubos de humo.
- (33) Conductos de aire

8.4 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

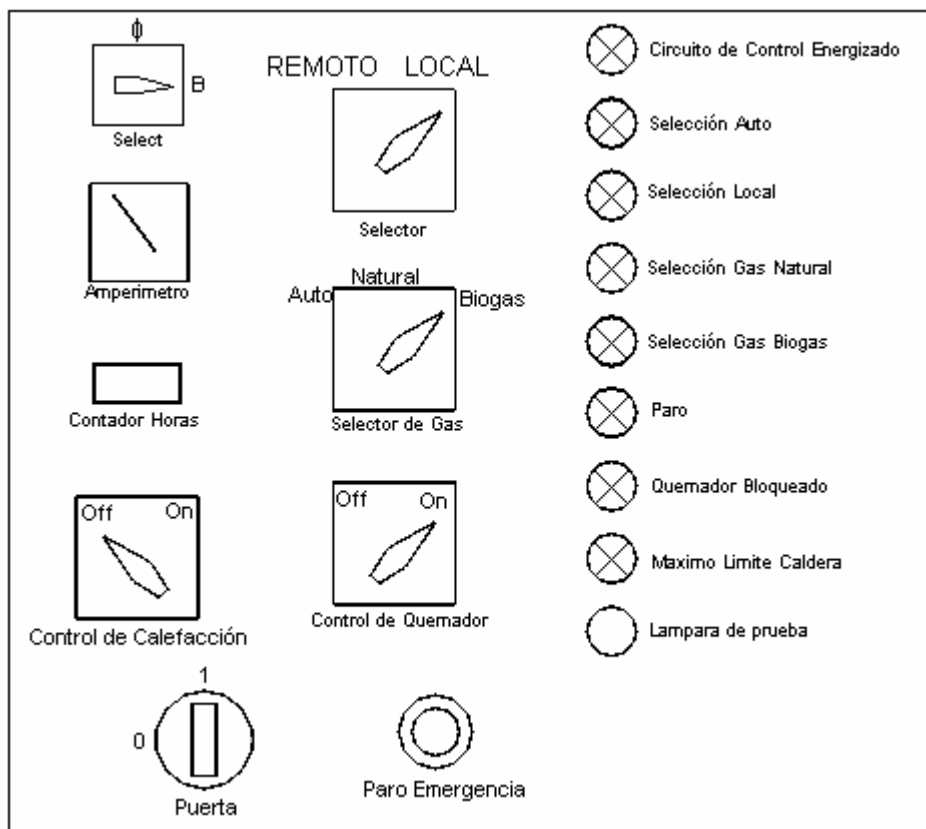
Antes de cualquier actividad sobre el equipo tener en cuenta:

- Dar a conocer al personal encargado, de la presencia de operarios en el sitio del equipo.
- Emplear los elementos de seguridad industrial y asegurarse de la ausencia de gases tóxicos.

- Chequear que la temperatura del lugar no sea excesiva y que además las entradas de aire del sitio se encuentre despejadas. De ser necesario accione los extractores del lugar.
- Paso 1: Hacer un chequeo general del equipo para identificar partes defectuosas o la presencia de objetos extraños que pongan en riesgo al operario o equipo.
- Paso 2: Consultar la capacidad de abastecimiento de gas para un periodo justificable de funcionamiento del calentador.
- Paso 3: Verificar que existe suministro de agua (Bomba de agua del Calentador a gas encendida).
- Paso 4: Abrir las válvulas manuales (*Item 1 y 5 del Anexo 9*) y cerrar la válvula (*Item 11 Anexo 9*) para operación con Biogás o abrir la válvula manual (*Item 11 Anexo 9*) y cerrar las válvulas manuales (*Item 1 y 5 del Anexo 9*) para operación con Gas Natural.
- Paso 5: Accionar el *Breaker* de suministro eléctrico del calentador (*Breaker Calentador de gas M05.04QG01 – M05CL03 en el cuarto eléctrico de generación*).
- Paso 6: Verificar en el Panel eléctrico (*Item 21 Anexo 9*) que los *Breakers* en su interior estén accionados.
- Paso 7: Gire la perilla de selección de modo de operación y ubíquela en la posición LOCAL (ver Figura 8.1).

- Paso 8: Gire la perilla de selección de tipo de combustible y póngala en la posición BIOGAS (ver Figura 8.1).
- Paso 9: Gire la perilla del control de calefacción y llévela a la posición ON (ver Figura 8.1).
- Paso 10: Gire la perilla del control del quemador y ubíquela en la posición ON (ver Figura 8.1).

Figura 8.1. Panel eléctrico del calentador de agua.



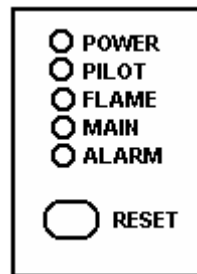
- Paso 11: Gire la perilla *Select* y póngala en la posición B (ver Figura 8.1).

- Figura 8.2. Panel frontal del quemador.



- Paso 15: Espere un momento y proceda a verificar que el controlador del quemador no este BLOQUEADO (Indicador B encendido Figura 8.2). Si la verificación anterior es afirmativa desbloquéelo pulsando *RESET* en la parte superior del panel frontal del quemador (ver Figura 8.3).

Figura 8.3. Cara superior del panel frontal del quemador.



- Paso 16: Verificar que existe el mínimo nivel de presión de Biogás (Indicador E encendido Figura 8.2.) en el panel frontal del quemador. Sino cumple este requisito el control entrara en BLOQUEO. Rectifique los pasos 4 y 13; ahora oprima el botón *RESET* (Figura 8.3), si el problema persiste verifique la calibración del limitador de presión (*Item 1* del Anexo 9) y los interruptores de presión (*Items 4, 6, 10, 12, y 16* del Anexo 9 y ver Tabla 8.1).
- Paso 17: El ventilador de aire encenderá e iniciara un prebarrido de aproximadamente 35 segundos. Al mismo instante iniciara la prueba de estanqueidad de las válvulas (*Item 8 o 14* del Anexo 9) en un tiempo aproximado de 30 segundos. Si se presenta fuga entre las válvulas (Indicador F encendido Figura 8.2), la válvula de estanqueidad monitorea de fuga se bloqueara (indicador rojo de la válvula monitorea encendido) y el control entrará en bloqueo (Indicador B encendido Figura 8.2). Intente una vez más el arranque del calentador pulsando *RESET* (Figura 8.3), de persistir el problema ver mantenimiento del tren de gas en el punto 8.15.

- Paso 18: Una vez terminado el prebarrido, son accionados simultáneamente el transformador de encendido (Indicador I encendido Figura 8.2) y las válvulas de gas (indicadores L y M encendidos Figura 8.2), 2 segundos después de la apertura de las válvulas el transformador es desenergizado. Quedando el quemador en operación. Si el quemador no enciende verificar electrodo de ignición, ver mantenimiento del quemador en el punto 8.10.

8.5 MANTENIMIENTO GENERAL

El mantenimiento general del calentador de agua Kayanson – Dragon Shell implicara la ejecución de las siguientes actividades para mantenerlo en optimas condiciones y excelente funcionamiento.

Hogar:

- Limpieza de los tubos de humo.
- Retirar cenizas de la caja de humo.
- Calibración de los elementos de medición.
- Verificar el *set point* de la válvula de seguridad.
- Reubicación de los retardadores de calor.
- Limpieza del deposito de agua.
- Verificar el estado del refractario y el cordón de fibra cerámica en la puerta frontal.
- Verificar la condición del colchón de lana de vidrio dentro del revestimiento de lamina metálica.

Quemador:

- Limpieza y lubricación del cabezal de combustión.
- Limpiar y verificar el estado de los electrodos.
- Verificar el recubrimiento de los cables dentro del quemador.
- Calibración de la distancia entre electrodos.
- Limpiar y lubricar partes móviles.

Inyector de aire:

- Limpieza de las aspas.
- Aplicación de grasa en sus respectivas graseras.
- Verificar el estado y tensión de las correas.
- Limpieza y chequeo de bornera y ventilador de refrigeración del motor.

Elevador de presión de gas:

- Aplicación de grasa en sus respectivas graseras.
- Verificar el estado y tensión de las correas.
- Limpieza y chequeo de bornera y ventilador de refrigeración del motor.

8.6 ACTIVIDADES PREVIAS AL MANTENIMIENTO

Preparación para la ejecución del trabajo:

- Contar con la autorización para la ejecución del trabajo.
- Utilizar los elementos de protección personal (Guantes dieléctricos, casco y botas).

Herramientas de uso

- Destornilladores pequeño y grande de estría y pala.
- Llaves expansivas grandes.
- Llaves hexagonales.
- Llaves de *allen*.
- Lubricante.
- Cepillo cónico acerado.

Salida de servicio del calentador

- Paso 1: Gire la perilla de encendido (Interruptor A Figura 8.2) en el panel del quemador a la posición 0.
- Paso 2: Girar la perilla del interruptor de puerta del panel eléctrico a posición 0 (ver Figura 8.1).
- Paso 3: Desenergizar el calentador de gas desde el *Breaker* (M05.04QG01 – M05CL03 ubicados en el cuarto eléctrico de generación).
- Paso 4: Cortar el suministro de gas cerrando la válvula manual del conducto de gas (*Item 1 Anexo 9*).

8.7 DESMONTE DEL HOGAR

Nota: Dejar que el agua del calentador siga fluyendo con el fin de apresurar el enfriamiento del hogar.

- Paso 1: Retirar el tramo de la tubería de aire que une el quemador con el soplador de aire para permitir la apertura de la puerta del calentador.
- Paso 2: Desconectar el cable de conexión que va al panel de control del quemador con el fin de poder abrir la puerta del calentador.
- Paso 3: Dejar reposar el calentador por un lapso de 24 horas.
- Paso 4: Verificar que la temperatura del calentador halla descendido hasta +/- 40°C la temperatura del agua.
- Paso 5: Revisar que la bisagra de la puerta frontal (*Item 30, Anexo 9*) tenga su respectivo pasador, proceda a soltar los pernos de sujeción de la puerta de forma lenta y gradual.
- Paso 6: Con ayuda de más operarios proceda a abrir la puerta del calentador y deje reposar hasta que no presente ningún riesgo para el operario.
- Paso 7: Abrir las cubiertas de acceso a la caja de humo de la parte posterior del calentador (*Item 31, Anexo 9*).

Nota: Tener especial cuidado en no dañar los empaques de sello de cada cubierta, si el empaque se encuentra en mal estado reemplácelo por uno nuevo.

8.8 MANTENIMIENTO DEL HOGAR

Nota: La presencia de ceniza blanca en el calentador es normal, si está se presenta negra es conveniente calibrar la combustión del calentador.

- Paso 1: Con ayuda de un cepillo cónico de acero que se ajuste al diámetro de los tubos de humo se procede a retirar la ceniza depositada en estos (*Item 32 Anexo 9*), para esta actividad retirar los retardadores (varillas en espiral) teniendo precaución de no golpearlos.

Nota: Recuerde encender los extractores de aire de la zona y utilizar gafas y tapabocas para esta labor.

- Paso 2: Aplicar aire a presión a los tubos de humo para retirar la ceniza removida.
- Paso 3: Repetir los pasos 1 y 2 hasta que se remueva la ceniza de los tubos de humo.
- Paso 4: Retirar la ceniza depositada en la cámara principal.
- Paso 5: Retirar la ceniza depositada en la caja de humo (parte posterior del calentador).

Nota: La deposición de ceniza en la caja de humo es normal, si esta se presenta en exceso es conveniente calibrar la combustión del calentador, ajustando el Tambor de regulación (ver Figura 8.4).

- Paso 6: Ubicar los retardadores (varillas en espiral) en los tubos (*Item 32 Anexo 9*) a 30 cm desde la parte frontal del calentador.
- Paso 7: Verifique el estado del aislamiento térmico de lana de vidrio que recubre el hogar en su exterior y de ser necesario coloque nueva lana aisladora.

- Paso 8: Realizar una revisión al recubrimiento refractario de la puerta del calentador, si esta presenta excesivas quebraduras o desprendimientos se debe reemplazar por uno nuevo.
- Paso 9: Verifique que el empaque de la puerta del calentador no presente soplado de ser así ubíquelo de nuevo en su posición. Si el empaque se encuentra deteriorado reemplácelo por uno nuevo.
- Paso 10: Verifique la calibración del manómetro con ayuda de un banco de pruebas de ser necesario reajuste.
- Paso 11: Verifique la calibración del termómetro con ayuda de un banco de pruebas de ser necesario reajuste.
- Paso 12: Verificar el *set point* de la válvula de seguridad a 5.2 Bar (*Item 22*, Anexo 9), con ayuda de un banco de pruebas de ser necesario calíbrelo.
- Paso 13: Realizar una limpieza general al calentador y aplique lubricante donde existan partes móviles (eliminar polvo, presencia de oxido, etc.).
- Paso 14: Revise los tornillos de las tapas del calentador limpie y lubrique, de ser necesario reemplácelos.
- Paso 15: Para realizar la limpieza interna del tanque de agua se puede llevar a cabo química o mecánicamente usando una manguera de alta presión, para realizar esta tarea se debe cortar el suministro de agua

Nota: Esta tarea se puede ejecutar con una frecuencia anual.

- Paso 16: Proceda a colocar las tapas de la caja de humo (*Item 31 Anexo 9*) teniendo precaución que el empaque quede bien ubicado y realice un buen sello, atornille la tapa de forma lenta y gradual para evitar salidas del empaque.
- Paso 17: Cierre la tapa principal del calentador y atornille la tapa de forma lenta y gradual para evitar salidas del empaque.
- Paso 18: Asegúrese que las cuatro tuercas de la tapa queden bien apretadas y ubicadas a una misma profundidad con el fin de tener una misma presión a los cuatro extremos de la puerta.

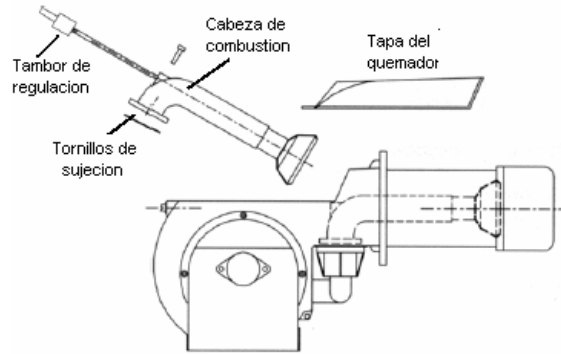
Nota: Tener la precaución de no torcer los tornillos al ajustar las tuercas.

- Paso 19: Limpie los conductos de aire (*Item 33 Anexo 9*) e instálelos de nuevo con su respectivo empaque y tortillería.
- Paso 20: Revise el ajuste de las tuercas de la puerta a los 8 días después del encendido del calentador ya que por el calor el empaque ha cedido.

8.9 DESMONTE DEL QUEMADOR

- Paso 1: Retirar los cuatro tornillos de sujeción de la tapa superior del quemador.

Figura 8.4. Quemador de gas.



- Paso 2: Retire la tapa del quemador (ver Figura 8.4).
- Paso 3: Desconectar el cable de los electrodos.
- Paso 4: Retirar los tres tornillos que sujetan la Cabeza de combustión (ver Figura 8.4) y sacarlo por la parte posterior de la puerta del calentador.
- Paso 5: Para su instalación realice los mismo pasos de forma inversa y verifique que se realice un buen sello entre la tapa superior del quemador y su base, si se hace necesario aplique agente de sello o instale un empaque.

Nota: Al colocar la tapa del quemador cerciórese de que el orificio del Tambor de regulación quede hacia arriba (ver Figura 8.4.) y permita correcto cierre de la tapa del quemador.

8.10 MANTENIMIENTO DEL QUEMADOR

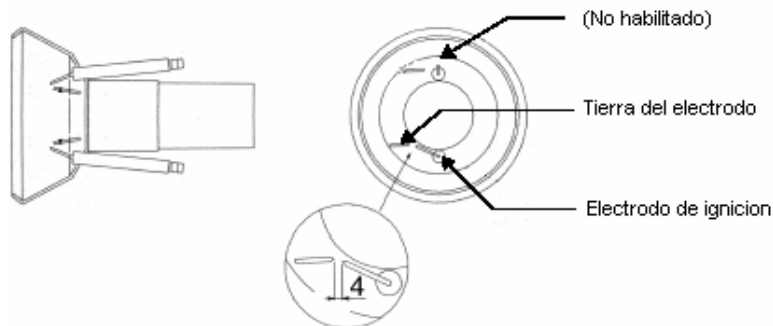
Paso 1: Revisar el estado de los cables de conexión de los electrodos que no presenten quemaduras o estén expuesto directamente al calor, de ser necesario

cubra el cable con cinta de fibra para aislar el calor o reemplácelos por cables nuevos.

Paso 2: Verifique el estado del tubo de inyección, que no presente exposición directa al calor y se encuentre bien recubierto con una capa de cordón fibra cerámica o cemento refractario con el fin de aislar el calor (parte trasera de la puerta frontal del calentador).

Paso 3: Realice el desmonte de los electrodos teniendo en cuenta su profundidad y posición.

Figura 8.5. Posición de electrodos.



- Paso 4: Verifique el estado de la cerámica del electrodo, que no presente rajaduras o quebraduras, de ser así proceda a reemplazarlo.
- Paso 5: Realice una limpieza general a la cabeza de combustión con ayuda de un cepillo acerado para retirar los depósitos de oxido.
- Paso 6: Realizar una limpieza general al quemador y aplique lubricante donde existan partes móviles.

- Paso 7: Instale los electrodos y verifique que la distancia entre electrodos sea de 4 mm (ver Figura 8.5).
- Paso 8: Limpiar la mirilla ubicada en la tapa del quemador.

8.11 ESMONTE DEL INYECTOR DE AIRE

- Paso 1: Cerciórese de que el suministro de electricidad se halla cortado (ver salida de servicio del calentador punto 8.6) y utilice los implementos de seguridad, gafas, guantes y cascos adecuados.
- Paso 2: Retire los tornillos de sujeción de la tapa frontal de la entrada de aire y saque la tapa (*Item 14* Figura 8.7).

Figura 8.6. Inyector de aire.

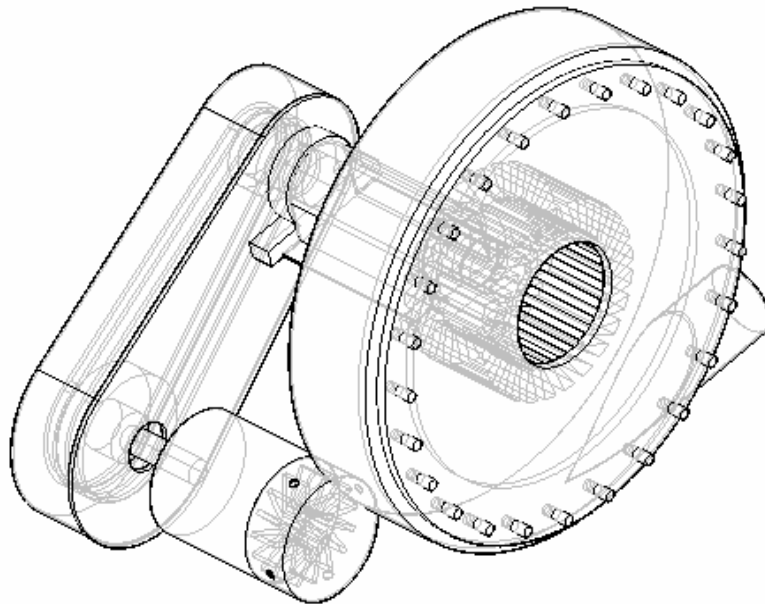
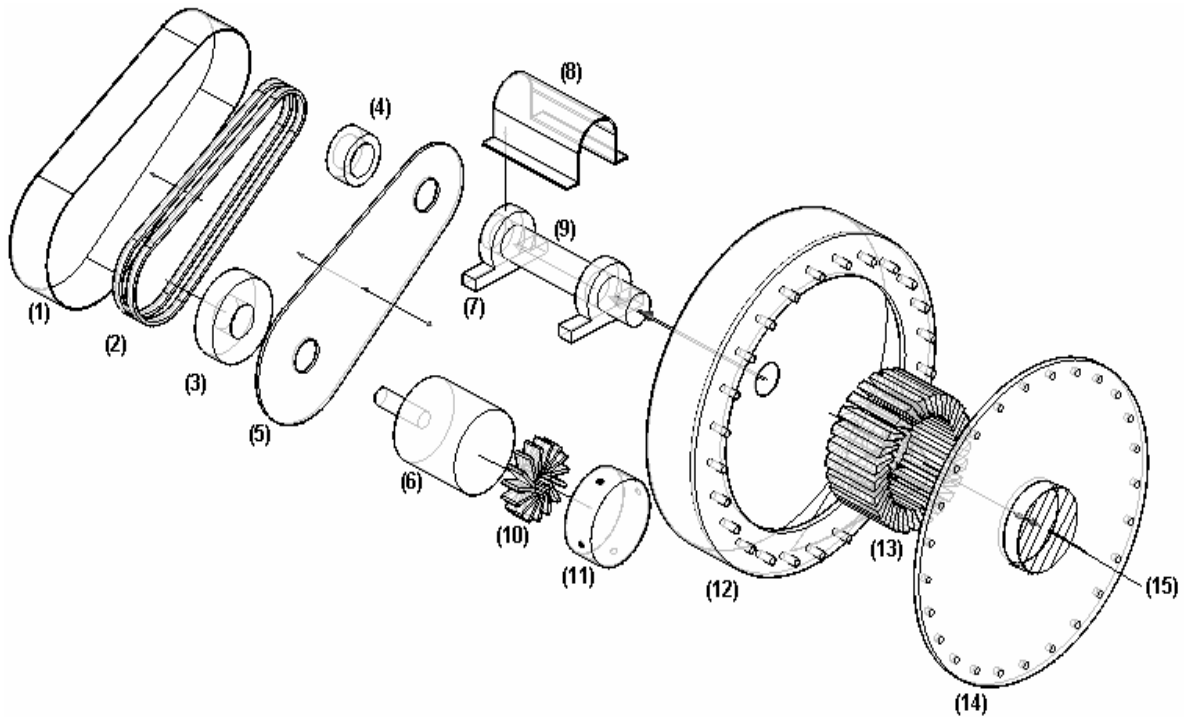


Figura 8.7. Vista explosionada del inyector de aire.



- Paso 3: Retire los tornillos de sujeción de la tapa de la correa de transmisión y saque la tapa (*Item 1* Figura 8.7).
- Paso 4: Retire los tornillos de la tapa de protección del eje de transmisión y saque la tapa (*Item 8* Figura 8.7).
- Paso 5: Retire los tornillos de la tapa de la bornera de conexión del motor y saque la tapa, proceda a desconectar los cables.
- Paso 6: Afloje los tornillos de anclaje del motor reduciendo la distancia entre centros de las poleas para retirar las correas y posteriormente retirar el motor.

- Paso 7: Retire los tornillos de la tapa posterior del motor y saque la tapa (*Item 11* Figura 8.7).
- Paso 8: Desarme completamente el motor.

8.12 MANTENIMIENTO DEL INYECTOR DE AIRE

- Paso 1: Realice la limpieza de las aspas, es de gran importancia la ejecución de esta tarea ya que la acumulación de polvo descompensa el equipo y acorta la vida útil de las piezas.
- Paso 2: Verifique el estado de los aspas en caso de presentar fracturas o deterioro proceda a reemplazarlo (*Item 13* Figura 8.7).
- Paso 3: Realice la limpieza del eje de transmisión y verifique que no contenga lanas o polvo (*Item 9* Figura 8.7).
- Paso 4: Aplique grasa (*BP Energrease LS 3*) a las chumaceras por medio de las graseras con una periodicidad de 3 meses y retire la grasa sobrante (*Item 7* Figura 8.7).

Nota: No se debe aplicar grasa en exceso ya que esta puede calentar los rodamientos y acortar la vida útil de las piezas.

Motor

Los motores deben mantenerse limpios y secos para asegurar su buena operación. La fuga del lubricante es una de las causas para que el motor se ensucie rápidamente originando desperfectos a su embobinado. Cuando esto

suceda es necesario desarmar el motor, limpiar y rebarnizar el embobinado, también se puede seguir esta técnica después de varios años de servicio.

La humedad o el agua reducen la resistencia de aislamiento al punto de que se pueda quemar.

- Paso 1: Verifique que la resistencia de aislamiento sea como mínimo de 2 MΩ. Si es menor a este valor, el devanado se debe secar. Si el secado no resulta satisfactorio hay la necesidad de barnizar nuevamente.
- Paso 2: Realice la limpieza de las aspas de refrigeración del motor (*Item 10* Figura 8.7).
- Paso 3: Los rodamientos se deben cambiar cuando presente fuego radial o axial; pistas interior o exterior con huellas o espejos carcomidos o desgastados (Realice el cambio de los cojinetes del motor cada 3 años.).
- Paso 4: De no ser necesario el cambio del rodamiento, limpie con gasolina (no usar petróleo, oxida) para eliminar suciedades.
- Paso 5: De ser necesario el cambio de rodamientos, retírelo con ayuda de un dispositivo de extracción evitando los golpes.
- Paso 6: Ensamblar nuevamente el motor.
- Paso 7: Al ubicar nuevamente el motor en su posición de trabajo verifique cuidadosamente la alineación con los aparatos que impulsa, a fin de evitar

- desgastes en los acoplamientos y chumaceras y obtener una operación libre de vibración.
- Paso 8: Antes de conectar los cables verifique el estado de estos y la bornera; verificando que no presente sulfatación o riesgo de corto; limpie, lubrique y conecte de nuevo.

Poleas:

- Paso 1: Observar el estado de fijación de la polea y ajuste la cuña de fijación.
- Paso 2: Observe el estado de la ranura, si esta desgastada, astillada o corroída, cámbiela.
- Paso 3: Compruebe el alineamiento de la banda respecto a la polea.
- Paso 4: Observe el giro normal.

Banda o correas:

- Paso 1: Verifique que al trabajar no se produzcan vibraciones o ruidos.
- Paso 2: Verifique que las correas tengan la tensión adecuada. La excesiva tensión de las correas reduce su duración y causa sobrecalentamiento y fallas prematuras en los cojinetes (*Item 2 Figura 8.7*).

- Paso 3: Examine las correas en busca de deslizamientos con respecto a la polea, límpiela si presenta grasa o aceite y aplique agente adherente para correas.
- Paso 4: Verifique el estado de la correa en busca de raspaduras, desgastes, estiramiento o deformaciones continuas, si se presentan estos deterioros proceda a cambiar las correas por unas de referencia SPA 1180 (*Item 2 Figura 8.7*).

Nota: Si se presenta excesivo desgaste en la correa es probable que está no se encuentre a la tensión adecuada o bien alineada. Proceda a realizar la corrección.

Si requieren cambio, tenga en cuenta lo siguiente:

Nota: Realice el cambio de correas aproximadamente cada 6 meses.

- Paso 1: Nunca use correas nuevas y usadas en el mismo juego o de diferente fabricante y referencia.
- Paso 2: Antes de instalar el nuevo juego de correas, verifique la alineación de las poleas. Los ejes deben estar paralelos a los centros de ambas poleas en perfecta alineación.
- Paso 3: Realice una tensión justa a las correas, no se exceda.
- Paso 4: Después de un funcionamiento de unas 36 horas, se debe verificar la correcta tensión de las correas.

Antes de poner en marcha el equipo haga lo siguiente:

- Realice una limpieza general al elevador de presión de aire y realice un ajuste general al equipo.
- Verifique la libre rotación de las aspas con la mano y que no queden objetos dentro cámara de las aspas o de las correas.
- Realice el cierre de todas las tapas y verifique su ajuste.
- Habilite el suministro de energía y encienda el equipo.

8.13 DESMONTE DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS

- Paso 1: Cerciórese de que el suministro de electricidad se halla cortado (ver Salida de servicio del calentador punto 8.6) y utilice los implementos de seguridad, gafas, guantes y cascos adecuados.
- Paso 2: Corte el suministro de gas desde la válvula manual (*Item 1 Anexo 9*) y verifique su correcto cierre.
- Paso 3: Retire los tornillos de sujeción de la tapa de la correa de transmisión y saque la tapa (*Item 1 Figura 8.7*).
- Paso 4: Retire los tornillos de la tapa de protección del eje de transmisión y saque la tapa (*Item 8 Figura 8.7*).

- Paso 5: Retire los tornillos de la tapa de la bornera de conexión del motor y saque la tapa, proceda a desconectar los cables.
- Paso 6: Afloje los tornillos de anclaje del motor reduciendo la distancia entre centros de las poleas para retirar las correas y posteriormente retirar el motor.
- Paso 7: Desarme completamente el motor.

8.14 MANTENIMIENTO DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS

- Paso 1: Limpie el eje de transmisión y verifique que no presente lanas o polvo (*Item 9 Figura 8.7*).
- Paso 2: Aplique grasa (*BP Energrelse LS 3*) a cada una de las tres graseras con una periodicidad de 3 meses y retire la grasa sobrante (*Item 7 Figura 8.7*).

Nota: No se debe aplicar grasa en exceso ya que está puede calentar los rodamientos y acortar su vida útil.

Motor

Recuerde que para su buena operación estos deben permanecer limpios y secos, por ello cuando se les de servicio realice las siguientes actividades:

- Paso 1: Realice la limpieza de las aspas de refrigeración del motor (*Item 10 Figura 8.7*).

- Paso 2: Los rodamientos se deben cambiar cuando presente fugo radial y/o axial, además de la presencia de otros desgastes o desperfectos notables (Realice el cambio de los cojinetes del motor cada 3 años).
- Paso 3: De no requerir cambio de los rodamiento, limpie con un agente no oxidante para eliminar suciedades.
- Paso 4: Si se requiere cambio de rodamientos, retírelos con ayuda de un dispositivo de extracción evitando los golpes.
- Paso 5: Ensamblar nuevamente el motor.
- Paso 6: Al anclar nuevamente el motor a su posición, verifique la estricta alineación con el elemento que impulsa, a fin de evitar desgastes en los acoplamientos y chumaceras, además de una operación libre de vibración.
- Paso 7: Al conectar los cables verifique el estado de estos y la bornera; verificando que no presente sulfatación o riesgo de corto.

Poleas:

- Paso 1: Verifique el estado de la ranura, si esta desgastada, astillada o corroída, cámbiela.
- Paso 2: Observar el estado de fijación de la polea, ajuste la cuña de fijación.
- Paso 3: Compruebe el alineamiento de la banda respecto a la polea.

- Paso 4: Verifique que el giro sea libre.

Banda o correas:

- Paso 1: Verifique el estado de la correa, si presenta raspaduras, desgastes, estiramiento o deformaciones continuas, proceda a cambiar las correas.
- Paso 2: Limpie la correa y examine en busca de deslizamientos con respecto a la polea y adicione adherente a las correas.
- Paso 3: Verifique la tensión de las correas. Recuerde que la excesiva tensión reduce su duración y ocasiona fallas prematuras en los cojinetes.
- Paso 4: Verifique que al poner en marcha no se produzcan vibraciones o ruidos extraños.

Nota: Si se observa excesivo desgaste en las correas es probable que no hay una tensión adecuada o no hay alineamiento con la polea.

Si requieren cambio, tenga en cuenta lo siguiente:

Nota: Realice el cambio de correas aproximadamente cada 6 meses.

- Paso 1: No use correas nuevas y usadas en el mismo juego o de diferente fabricante y referencia.
- Paso 2: Antes de instalar el nuevo juego de correas, verificar que los ejes estén paralelos a los centros de las poleas para garantizar su alineación.

- Paso 3: Realice la tensión apropiada de las correas.
- Paso 4: Después de un funcionamiento de unas 36 horas, rectifique la tensión de las correas.

Antes de poner en marcha el equipo haga lo siguiente:

- Realice una inspección y ajuste general al equipo.
- Verifique que no queden objetos que perturben el mecanismo.
- Habilite el suministro de energía y encienda el equipo.

8.15 MANTENIMIENTO DEL TREN DE GAS

- Paso 1: Verifique el *set point* del limitador y los interruptores de presión de ser necesario calíbrelos (ver Tabla 8.1).
- Paso 2: Limpie y lubrique las válvulas manuales.

Tabla 8.1. *Set point* de componentes del calentador.

<i>Item</i>	Referencia	<i>Set Point</i>	Tipo
2	Dungs NB 50 A4	5 mbar	Limitador de Presión
4	Dungs GW 150 A4	130 mbar	Interruptor de Presión
6	Dungs GW 50 A4	10 mbar	Interruptor de Presión
10	Dungs GW 50 A4	50 mbar	Interruptor de Presión
12	Dungs GW 50 A4	5 mbar	Interruptor de Presión

16	Dungs GW 50 A4	50 mbar	Interruptor de Presión
22	Valvula de Seguridad	5,2 Bar	Valvula de Seguridad
25	Termotato de control	75°C	Termostato de control

- Paso 3: Verifique el estado de la conexión en los terminales en las electroválvulas, de ser necesario limpie y realice una nueva conexión en las borneras.
- Paso 4: Verifique el correcto accionamiento de las electroválvulas con ayuda de su mirilla.

8.16 GUIA DE FALLAS DEL CALENTADOR

8.16.1 Falla en el arranque.

- Falla en el suministro de energía.

Sugerencias:

- Verificar la posición de los *Breakers* principal en el cuarto eléctrico de generación.
- Verifique los *Breakers*, interruptores y fusibles en el Panel eléctrico del calentador.

- Falla de los interruptores manuales.

Sugerencias:

- Asegúrese que los interruptores en el Panel eléctrico y panel del quemador estén en las posiciones adecuadas (ver Procedimiento de operación punto 8.4), además de verificar el estado de estos.

- Voltaje de alimentación no adecuados.

Sugerencia:

- Asegurarse de que el voltaje de alimentación sea correcto y constante.

8.16.2 Falla de bloqueo durante el arranque.

El calentador dispone de un Panel de control para el quemador, este panel nos pueden brindar información sobre las causas que provocarían que el calentador se bloquee durante el arranque o funcionamiento. Observe en el Panel de control del quemador en que etapa del encendido se bloqueo el calentador.

Etapas de purga

- Inyección pobre de aire.

Sugerencias:

- Verificar que la entrada de aire del inyector no se encuentre obstruida.
- Verifique que no se presente deslizamiento en las correas de transmisión del inyector de aire.

- El inyector de aire no enciende.

Sugerencias:

- Verificar que el control del quemador no se encuentre en Bloqueado.
- Verifique la conexión del motor del inyector.

Etapas de verificación de presión de gas

- Baja presión de gas.

Sugerencias:

- Verificar que todas las válvulas manuales estén abiertas según el combustible a utilizar.
 - Verificar que el limitador de presión no se encuentre en estado Bloqueado (ver *Item 2 Anexo 9*), si es necesario calíbrelo nuevamente.
 - Verifique que no se presente deslizamiento en las correas de transmisión del elevador de presión..
- El Elevador de presión no arranca.

Sugerencias:

- Verifique el tipo de combustible seleccionado en el panel eléctrico.
- Verifique el estado del limitador de presión (ver *Item 2 Anexo 9*).
- Verificar la conexión del motor del elevador de presión.

Etapas de prueba de estanqueidad

- La válvula de estanqueidad se Bloquea (*item 8 o 14 Anexo 9* según el combustible).

Sugerencia:

- Verificar el cierre de las electroválvulas (*Item 7 y 9 o 13 y 15 Anexo 9*).

Etapas de ignición

- No hay llama.

Sugerencias:

- Verifique los *set point* de los interruptores de presión (*Item 6 y 10 o 12 y 16 Anexo 9*).
- Verifique la apertura de las válvulas (*Item 7 y 9 o 13 y 15 Anexo 9*).

- Verificar el buen movimiento del mecanismo del servocontrol que regula la entrada de aire y combustible.
- Verificar conexión y estado del electrodo.
- Verifique el funcionamiento del transformador de encendido.
- Verificar el buen estado y ubicación del detector de llama.

8.16.3 Falla durante la operación.

Causas posible:

- Falla en el suministro eléctrico.

Sugerencias:

- Verificar si el voltaje presenta fluctuaciones.
- Verificar si hay interrupciones en cables eléctricos producidos por calentamiento o vibración.
- Verificar terminales y conexiones eléctricas.

- Falla de suministro de combustible.

Sugerencias:

- Consultar la disponibilidad de combustible suficiente para un periodo de funcionamiento considerable.
- Verificar que el limitador de presión no este bloqueado (ver *Item 2* Anexo 9).
- Verificar el funcionamiento del elevador de presión de gas.
- Verifique la operación de las electrovalvulas (*Item 7 y 9 o 13 y 15* Anexo 9).
- Verifique el correcto funcionamiento del mecanismo del servocontrol.

- Falla de suministro de aire.

Sugerencias:

- Verificar el funcionamiento del inyector de aire.
- Verifique el correcto funcionamiento del mecanismo del servocontrol.
- Falla: Limite Máxima Caldera:
 - Este tipo de falla se presenta por sobrepaso de la temperatura limite del termostato. El arranque del calentador se realizara automáticamente al llegar a la temperatura segura de operación.
 - Verifique que la bomba de suministro de agua se encuentre encendida.
 - Verifique que la temperatura de referencia en el termostato sea la deseada.
- Falla: La temperatura del agua no sube:
 - Verifique el *set point* del termostato (*Item 25 Anexo 9*).

9. MANUAL DEL QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS

9.1 INFORMACIÓN GENERAL

FICHA TÉCNICA	
Equipo: Quemador de exceso de Biogás. Cantidad: 2	Ubicación: Zona de almacenamiento de Biogás. TAG: M04.19. 20 / 21
Placa de datos: Combustión forzada en torre cilíndrica autosoportante.	Datos adicionales: Marca: HAAT. Modelo: FL 550. Pais de fabricación: Inglaterra.
Ventilador de aire.	Marca: Halifax Fan
Motor: Potencia: 2.2 Kw Voltaje: 460 AC. – 60 Hz Corriente: 5.0 A Velocidad: 1720 rpm	Marca: <i>Brook Hansen</i> Modelo: AE 100 LA.
Elevador de presión (Booster).	Marca Halifax Fan
Motor: Potencia: 2.0 HP Voltaje: 460 AC – 60 Hz Corriente: 3.5 A Velocidad: 1720 rpm	Marca: <i>Brook Hansen</i> Modelo: EF 145 T- Z

9.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El quemador de gas HAAT FL550 de combustión forzada en torre cilíndrica autosostenible tiene la capacidad de quemar Biogás de una composición típica de 65 % metano y 35 % dióxido de carbono, a un flujo de 550 m³ / h de gas. Caudal de gas que es entregado por cada uno de sus *Booster*, los cuales a su vez están configurados de modo Marcha / Stand by. Cada elevador de presión (*Booster*) cuenta con su motor impulsor mediante el acople de correas; mientras que el ventilador de combustión cuenta con un motor de acople directo.

Por otro lado, la línea de gas principal que es la que esta conectada a los elevadores de presión, cuenta con un juego de válvulas manuales con las cuales se selecciona el *Booster* a utilizar. Esta línea esta equipada de dos interruptores de presión que le indican al control la presencia o no de gas, dos electroválvulas de apertura lenta (que evitan explosiones) para el autosostenimiento de la llama en la torre cilíndrica, y acondicionado como ultimo elemento de la línea principal un atrapa llamas como elemento de seguridad en caso de incendio.

Para el inicio de la llama tiene una línea piloto dotada de dos electroválvulas que permiten o no el flujo de gas para que junto con la chispa de ignición se produzca la llama.

Para su operación y supervisión cuenta con un panel eléctrico de fácil interpretación para el operario.

9.2.1 Funcionamiento del control. Una vez seleccionado el *Booster* a utilizar y después de llevar el interruptor de encendido del quemador a la posición ON, el *Booster* no arrancará hasta que el interruptor de presión externo P1 este accionado, indicando que hay suficiente gas disponible; cuando se acciona P1

empieza el ciclo del relé temporizado T1 para alimentar la caja de control y dar tiempo suficiente para que el ventilador de aire y *Booster* arranquen y alcancen cierta velocidad.

El relé temporizado T2 a través del interruptor de presión P2, esta normalmente accionado lo cual simula una buena presión de gas permitiendo el arranque del *Booster* seleccionado (T2 es el que “permite” el arranque del *Booster*, ya que P2 no se ha accionado todavía por falta de presión). Una vez aumentada la presión, el interruptor de presión P2 se acciona mientras que el temporizado T2 se abre, pero P2 queda accionado.

A medida que el *Booster* aumenta la presión de gas en el sistema, el interruptor de baja presión P3 se acciona, permitiendo a la caja de control abrir las válvulas de gas de la línea piloto. En este instante la caja de control inicia la chispa de ignición al quemador piloto.

Si el detector de ionización no detecta la llama del piloto en 3 segundos, la caja de control se apaga. Pero el sistema de control tiene una función de auto – reencendido que tratara de encender la llama del piloto de nuevo. Si falla de nuevo, la caja de control queda en estado “BLOQUEADO” accionando la sirena de alarma. Esto requiere reinicio manual (*RESET*), diseñado así por seguridad y conocer la causa de la falla.

Una vez la caja de control detecte que la llama piloto es estable, la chispa de ignición cesa y se da señal para abrir las válvulas de la línea principal de gas. Estas válvulas abren progresivamente, evitando así explosiones en el encendido.

9.3 COMPONENTES DEL QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS

El listado a continuación pertenece a los principales componentes asociados al equipo, para mayor ilustración de estos ver Anexos K y L.

- (1) Válvula de cierre manual.
- (2) Válvula de cierre manual.
- (3) Elevador de presión. (*Booster*).
- (4) Elevador de presión (*Booster*).
- (5) Motor del *Booster*.
- (6) Motor del *Booster*.
- (7) Correa de acople.
- (8) Correa de acople.
- (9) Válvula anti-retorno.
- (10) Válvula anti-retorno.
- (11) Acople reductor de vibraciones.
- (12) Acople reductor de vibraciones.
- (13) Válvula de cierre manual.
- (14) Válvula de cierre manual.
- (15) Válvula de cierre manual de la línea piloto.
- (16) Válvula de cierre motorizada de la línea principal.
- (17) Válvula de cierre motorizada de la línea principal.
- (18) Supresor de llama.
- (19) Válvula térmica.
- (20) Válvula solenoide de la línea piloto.
- (21) Válvula solenoide de la línea piloto.
- (22) Caja de control.
- (23) Porta electrodo de ignición.
- (24) Torre de llama.

- (25) *Damper*.
- (26) Tapa de inspección del ventilador de aire.
- (27) Motor del ventilador de aire.
- (28) Ventilador de aire.
- (29) Panel eléctrico.
- (30) Interruptor de presión P2.
- (31) Interruptor de presión P3.

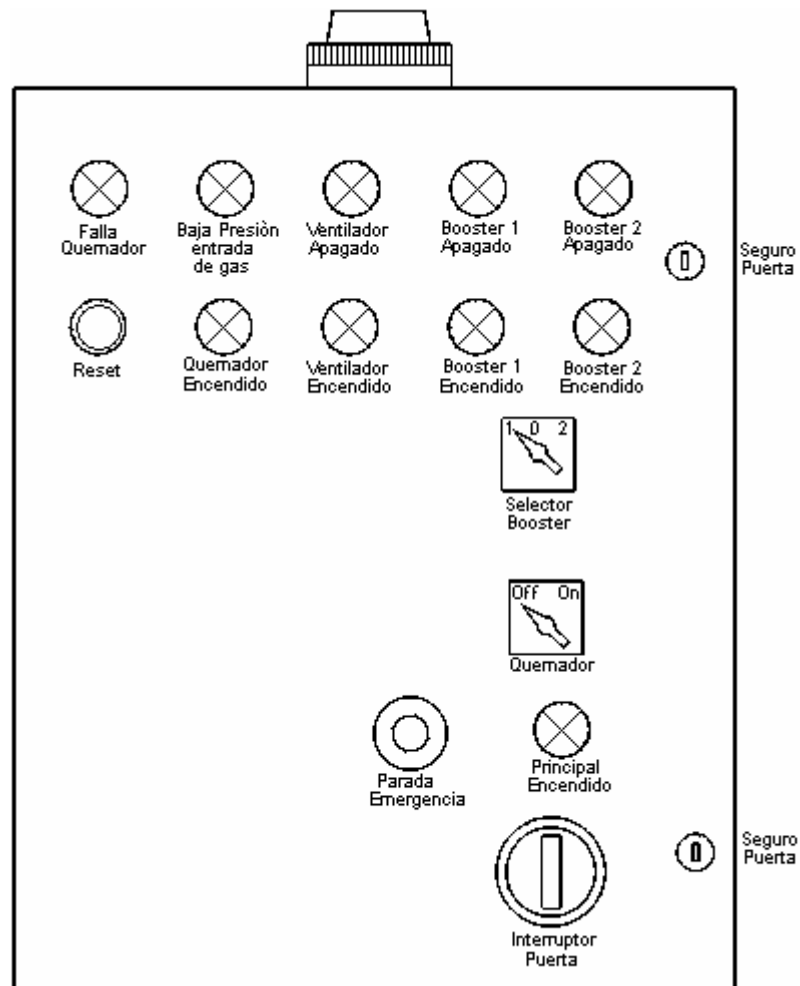
9.4 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

Antes de cualquier actividad sobre el equipo tener en cuenta:

- Dar a conocer al personal encargado, de la presencia de operarios en el sitio del equipo.
- Emplear los elementos de seguridad industrial y asegurarse de la ausencia de gases tóxicos.
- Paso 1: Hacer un chequeo general del equipo para identificar partes defectuosas o la presencia de objetos extraños que pongan en riesgo al operario o equipo.
- Paso 2: Verificar en el panel eléctrico que los *Breakers* estén accionados.
- Paso 3: Verificar que hay suficiente gas disponible.
- Paso 4: Configurar las válvulas manuales (*Items* 1, 2, 13 y 14 Anexo 11) de tal forma que la línea principal de gas quede habilitada según el *Booster* a utilizar.

- Paso 5: En el panel eléctrico gire la perilla de selección del Booster correspondiente a la configuración establecida en el paso anterior.
- Paso 6: En el panel eléctrico gire la perilla de interruptor de puerta.

Figura 9.1. Panel eléctrico Quemador de Biogás.



- Paso 7: En el ventilador de aire gire la perilla del *Damper* (Item 25 Anexo 11) y ajústela a una apertura intermedia (Use la guía presente debajo de la perilla).

- Paso 8: En el panel eléctrico gire la perilla de encendido del quemador y póngala en *ON*.
- Paso 9: Espere un instante y observe las indicaciones en el panel eléctrico.
Sino arde la llama y da alarma, haga lo siguiente:
 - Pulse el botón *RESET* y de inmediato varíe un poco la apertura del *Damper* en el ventilador de combustión y espere un momento. Repita varias veces esta operación, de persistir la alarma gire la perilla de encendido del quemador a la posición *OFF*.

9.5 MANTENIMIENTO GENERAL

El quemador de exceso de biogás requiere como mantenimiento general de la ejecución de las siguientes actividades para su preservación y un buen funcionamiento de forma segura y confiable.

- Limpieza de la caja de control y verificación del ajuste en sus conexiones.
- Limpieza de electrodos.
- Verificar conexiones en la bornera de las válvulas de la línea piloto y principal, además de comprobar sus respectivos accionamientos.
- Verificar el *set point* de los interruptores de presión y limpiar sus terminales.
- Calibración del manómetro de la línea principal.
- Limpieza y lubricación de la perilla de ajuste del *Damper*.
- Limpieza y lubricación de las válvulas manuales.
- Limpieza y verificación de las conexiones en el panel eléctrico. Además de verificar las lámparas de indicación.

Ventilador de aire:

Limpiar las aspas.

Verificar conexiones en la bornera del motor.

Limpiar el ventilador de enfriamiento del motor.

Elevador de presión (*Booster*):

Renovar el lubricante de las graseras.

Verificar conexiones en la bornera del motor.

Limpiar el ventilador de enfriamiento del motor.

Verificar el estado y tensión de las correas de arrastre del elevador.

Atrapallamas:

- Verificar el estado de la válvula de cierre.
- Limpieza y restauración de las hojas del supresor de llama.

9.6 ACTIVIDADES PREVIAS AL MANTENIMIENTO

Preparación para la ejecución del trabajo:

- Contar con la autorización para la ejecución del trabajo.
- Utilizar los elementos de protección personal (Guantes dieléctricos, casco y botas).

Herramientas de uso:

- Destornilladores pequeño y grande de estría y pala.
- Llaves expansivas grandes.
- Llaves Hexagonales.
- Llaves de allen.
- Pela cables.
- Multímetro.
- Lubricante.
- Lija suave.

Salida de servicio del Quemador

- Paso 1: Cerciórese de que el suministro de electricidad se halla cortado y los *Breaker* del panel eléctrico (*Item 29, Anexos K*) estén abajo. Utilice los implementos de seguridad, gafas, guantes y cascos adecuados.
- Paso 2: Corte el suministro de gas, cerrando las dos válvulas manuales principales. (*Items 1 y 2, Anexos K*).

9.7 DESMONTE DEL QUEMADOR PILOTO

- Paso 1: Cerciórese de que el suministro de electricidad se halla cortado (ver Salida de servicio del quemador punto 9.6).
- Paso 2: Desconecte los cables que va a los electrodos del quemador piloto habiendo identificado su conexión previamente. (*Item 23, Anexos K*).

- Paso 3: Desconecte la línea de gas piloto del quemador, aflojando la tuerca de sujeción.
- Paso 4: Desconecte la línea a tierra.
- Paso 5: Retire los tornillos de sujeción del quemador piloto, y sáquelo. (*Item 23, Anexos K*).

9.8 MANTENIMIENTO DEL QUEMADOR PILOTO

- Paso 1: Verifique el estado de los electrodos, que no presenten quebraduras o oxido, si presenta quebraduras reemplácelo.
- Paso 2: Limpie la punta del electrodo con ayuda de una lija suave.
- Paso 3: Realice una inspección general al quemador piloto, límpielo y retire el oxido presente.
- Paso 4: Reemplace los tornillos o tuercas que estén en mal estado por unas de acero inoxidable.
- Paso 5: Cerciórese que no pueda existir escape de gas en la entrada del quemador piloto.
- Paso 6: Verifique el estado del cable a tierra, de ser necesario córtelo y realice una nueva conexión.
- Paso 7: Monte de nuevo el equipo.

9.9 DESMONTE DEL INYECTOR DE AIRE

- Paso 1: Cerciórese de que el suministro de electricidad se halla cortado (ver .Salida de servicio del quemador punto 9.6).
- Paso 2: Retire los tornillos de la tapa lateral superior del inyector de aire y saque la tapa. (*Item 26, Anexo 11*).
- Paso 3: Retire los tornillos de la tapa frontal del inyector de aire y saque la tapa. (*Item #, Anexo #*).
- Paso 4: Retire los tornillos de la tapa de la bornera del motor (*Item 27, Anexo 11*) y desconecte los cables.
- Paso 5: Libere las aspas del eje del motor retirando sus tornillos de sujeción.
- Paso 6: Saque los tornillos de anclaje del motor y retírelo.
- Paso 7: Desarme el motor.

9.10 MANTENIMIENTO DEL INYECTOR DE AIRE

- Paso 1: Realice la limpieza de las aspas; es de gran importancia la ejecución de esta tarea ya que la acumulación de polvo descompensa el equipo y acorta la vida útil de las piezas.
- Paso 2: Verifique el estado de las aspas del soplador que no presente fracturas o cortes , de ser así reemplácelo.

- Paso 3: Limpie y lubrique el mecanismo del *Damper* regulador de aire (*Item 25*, Anexo 11).

Motor

- Paso 1: Realice la inspección y limpieza de las aspas de refrigeración del motor, ubicados en la parte posterior de éste.
- Paso 2: Verifique que no se presente fuego radial y/o axial en los cojinetes del motor. Realice el cambio de los cojinetes del motor cada 3 años.
- Paso 3: Limpie los cojinetes con un agente no oxidante para eliminar suciedad. De ser necesario reemplácelos.
- Paso 4: Ensamblar nuevamente el motor y acóplelo a las aspas.
- Paso 5: Verifique el estado de los cables en la bornera del motor, que no presente sulfatación o riesgo de corto, limpie, lubrique y conecte de nuevo.
- Paso 6: Realice una limpieza y ajuste general de las partes del inyector de aire.

9.11 DESMONTE DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS

- Paso 1: Cerciórese de que el suministro de electricidad se halla cortado (ver Salida de servicio del calentador punto 8.6) y utilice los implementos de seguridad, gafas, guantes y cascos adecuados.

- Paso 2: Corte el suministro de gas desde la válvula manual (*Item 1 y 13 o 2 y 14 Anexo 11*) y verifique su correcto cierre.
- Paso 3: Retire los tornillos de sujeción de la tapa de la correa de transmisión y saque la tapa.
- Paso 4: Retire los tornillos de la tapa de la bornera de conexión del motor y saque la tapa, proceda a desconectar los cables.
- Paso 5: Afloje los tornillos de anclaje del motor reduciendo la distancia entre centros de las poleas para retirar las correas y posteriormente retirar el motor.
- Paso 6: Desarme completamente el motor.

9.12 MANTENIMIENTO DEL ELEVADOR DE PRESIÓN DE GAS

- Paso 1: Limpie el eje de transmisión y verifique que no presente lanas o polvo.
- Paso 2: Aplique grasa (*BP Energrelse LS 3*) a la grasera con una periodicidad de 3 meses y retire la grasa sobrante.

Nota: No se debe aplicar grasa en exceso ya que está puede calentar los rodamientos y acortar su vida útil.

Motor

Para la buena operación el motor debe permanecer limpio y seco, por ello cuando se le de servicio realice las siguientes actividades:

- Paso 1: Realice la limpieza de las aspas de refrigeración del motor.
- Paso 2: Los rodamientos se deben cambiar cuando presente fuego radial y/o axial, además de la presencia de otros desgastes (Realice el cambio de los cojinetes del motor cada 3 años).
- Paso 3: Limpie los rodamientos con un agente no oxidante para eliminar la suciedad.
- Paso 4: Si se requiere cambio de rodamientos, retírelos con ayuda de un dispositivo de extracción evitando los golpes.
- Paso 5: Ensamblar nuevamente el motor.
- Paso 6: Al anclar nuevamente el motor a su posición, verifique la estricta alineación con el elemento que impulsa, a fin de evitar desgastes en los acoplamientos y chumaceras, además de una operación libre de vibración.
- Paso 7: Verifique el estado de los cables y la bornera; cerciorándose que no presente sulfatación o riesgo de corto.

Poleas:

- Paso 1: Verifique el estado de la ranura, si esta desgastada, astillada o corroída, cámbiela.
- Paso 2: Observar el estado de fijación de la polea, reajuste la cuña de fijación.

- Paso 3: Compruebe el alineamiento de la banda respecto a la polea.
- Paso 4: Verifique que el giro sea libre.

Banda o correas:

- Paso 1: Verifique el estado de la correa, si presenta raspaduras, desgastes, estiramiento o deformaciones continuas, proceda a reemplazarlas.
- Paso 2: Limpie la correa y cerciórese que no exista deslizamientos con respecto a la polea y aplique agente adherente.
- Paso 3: Verifique la tensión de las correas. Recuerde que la excesiva tensión reduce su duración y ocasiona fallas prematuras en los cojinetes.
- Paso 4: Verifique que al poner en marcha no se produzcan vibraciones o ruidos extraños.

Nota: Si se observa excesivo desgaste en las correas es probable que no hay una tensión adecuada o no hay alineamiento con la polea.

Si requieren cambio, tenga en cuenta lo siguiente:

Nota: Realice el cambio de correas aproximadamente cada 6 meses.

- Paso 1: No use correas nuevas y usadas en el mismo juego o de diferente fabricante y referencia.

- Paso 2: Antes de instalar el nuevo juego de correas, verificar la alineación de las poleas.
- Paso 3: Realice la tensión apropiada de las correas.
- Paso 4: Después de un funcionamiento de unas 36 horas, rectifique la tensión de las correas.

Antes de poner en marcha el equipo haga lo siguiente:

- Realice una inspección y ajuste general al equipo.
- Habilite el suministro de energía y encienda el equipo.

9.13 MANTENIMIENTO DEL TREN DE GAS DEL QUEMADOR

- Paso 1: Realice la limpieza de las electroválvulas y verifique el estado de la conexión en sus borneras si el cable presenta deterioro, sulfatación o poca conductividad corte y realice de nuevo la conexión en sus terminales.
- Paso 2: Verifique el buen funcionamiento de las electroválvulas.
- Paso 3: Verifique el estado de las válvulas manuales y si es necesario límpielas y lubríquelas.
- Paso 4: Verifique el estado de los interruptores de presión y la conexión en sus borneras, si el cable presenta deterioro o sulfatación, corte y realice una nueva conexión en sus terminales.

- Paso 5: Verifique la calibración de los interruptores de presión (ver Tabla 9.1).

Tabla 9.1. *Set point* de interruptores de presión del quemador de biogás.

SET POINT DE INTERRUPTORES DE PRESIÓN			
<i>Item</i>	Referencia	Set-Point	Tipo
30	Dwyer series 1950-20-2F	mbar	Interruptor de Presión
31	Dwyer series 1950-20-2F	mbar	Interruptor de Presión

9.14 MANTENIMIENTO DEL ATRAPALLAMAS

9.14.1 Mantenimiento de la válvula térmica

- Paso 1: Retire la tapa aleta de inspección de la válvula térmica para que quede expuesto el visor. (*Item* 19, Anexo 11).
- Paso 2: Si por el visor el vástago guía de la válvula es visible, el fusible está en buenas condiciones de no ser así es por que este se ha derretido (se ha accionado), en este caso reemplácelo.
- Paso 3: Para reemplazar el fusible primero retire el porta-fusible de la parte baja del cuerpo de la válvula, con el porta-fusible por fuera presione hacia arriba el vástago guía para asegurar que el resorte está en operación, ahora cambie el fusible y ensamble nuevamente el porta-fusible.

Nota: Verifique que el vástago guía sea visible en el visor.

- Paso 4: Aplique el agente de sello y coloque la cubierta, ajuste los tornillos sin darle un excesivo ajuste.

- Paso 5: Verifique que no exista fugas de gas, de ser así corrijalo.

9.14.2 Mantenimiento del supresor de llama

- Paso 1: Retire los tornillos de la cubierta del supresor de llama y saque la cubierta.
- Paso 2: Saque el ensamble del supresor de llama hasta su máxima apertura.
- Paso 3: Limpie cada hoja con un trapo húmedo destilado o con una solución de agua no cáustica y verifique que no hayan hojas deterioradas (dobladadas, encorvadas, o corroídas), si es el caso restáurelas o reemplácelas.
- Paso 4: Reinstale el modulo interno, aplique el agente de sello y coloque la cubierta, ajuste los tornillos sin darle un excesivo ajuste.
- Paso 5: Verifique que no exista fugas de gas, de ser así corrijalo.

9.15 GUIA DE FALLAS DEL QUEMADOR DE GAS

El control del quemador de exceso de Biogás al registrar alguna variación en las condiciones para mantener el quemador en el estado encendido, inmediatamente pondrá el equipo en estado de bloqueo activando su indicador de falla. Debido a que el sistema no brinda información acerca de cual fue la falla presente, excepto la falla por Baja Presión de Gas; para poner en marcha nuevamente el sistema se recomienda seguir los siguientes pasos, según la situación en que se encuentre:

9.15.1 Ningún componente enciende.

- Se da encendido al quemador pero no hay arranque de ningún componente.

Sugerencias:

- Verificar el suministro de energía desde el cuarto eléctrico de XDigestiónX.
- Realizar un chequeo general de los *Breaker* en el interior del panel eléctrico.
- Chequear que no hay anomalías en el interior del panel eléctrico y caja de control causadas por arco eléctrico o sobrecalentamiento.

9.15.2 El equipo no arranca.

- El quemador se bloquea durante el arranque.

Sugerencias:

- Verificar que este abierta la válvula manual en la línea piloto (*Item 15 Anexo 11*).
- Verificar la disponibilidad de Biogás suficiente para poner en marcha el quemador.
- Reajustar la posición del *Damper* (*Item 25 Anexo 11*).
- Verificar el estado del fusible de la caja de control (*Item 22 Anexo 11*).
- En la mirilla de la torre de llama verificar que hay chispa de ignición. De no observarse esta verificar el estado de los electrodos y su cableado.

- Verificar el accionamiento de las electrovalvulas solenoides de la línea piloto (*Item* 20 y 21 Anexo 11).
- Verifique y recalibre el *set point* de accionamiento del interruptor P3 (*Item* 30 Anexo 11).
- Verifique y recalibre el *set point* de accionamiento del interruptor P2 (*Item* 31 Anexo 11).

9.15.3 El equipo entra en falla esporádicamente.

- Después de estar en funcionamiento el equipo entra en falla.

Realizar los pasos citados en las dos situaciones anteriores.

10. CONCLUSIONES

- Se generaron los procedimientos convenientes para normalizar y estandarizar la operación y mantenimiento de los equipos, con el fin de brindar confianza sobre la ejecución de estas actividades y aportar a la conservación de los equipos.
- Se adquirió experiencia sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento de cada uno de los equipos, con el fin de poder transmitir de una forma clara, concisa y correcta el como se debe de ejecutar esta labor.
- Se realizó un continuo seguimiento a los equipos con la finalidad de caracterizar su comportamiento, para esta labor fue de gran utilidad el conocer y consultar el sistema SCADA, ya que este nos brindaba información sobre el equipo durante las 24 horas del día.
- Uno de los objetivos de la realización de los manuales para el calentador de agua por combustión de bio-gas, el quemador de exceso de bio-gas y los caudalímetros ultrasónicos, es nivelar el conocimiento que tiene el personal sobre cada uno de los equipos y tener siempre disponible personal capacitado para el mantenimiento de estos, con la disponibilidad de la información ante cualquier inquietud.
- Durante la ejecución del mantenimiento se noto fallencias sobre el conocimiento de algunos parámetros de calibración de los equipos y el reporte de fallas, por esta razón se realizaron formatos donde describe el

- listado de los puntos de calibración de los equipos y un formato para la inspección y reporte de fallas del equipo.
- Un plan o programa de mantenimiento no es una actividad que termina con su puesta en marcha, sino que la evaluación y control constante darán la requerida retroalimentación para que el plan se actualice y mejore su eficiencia con la experiencia generada.
- Realizando un buen mantenimiento a los equipos, ayuda a disminuir las salidas de servicio no planeadas de los equipos, garantiza el buen funcionamiento de estos bajo ciertos parámetros, prolonga la vida útil del equipo y disminuye costos de operación.

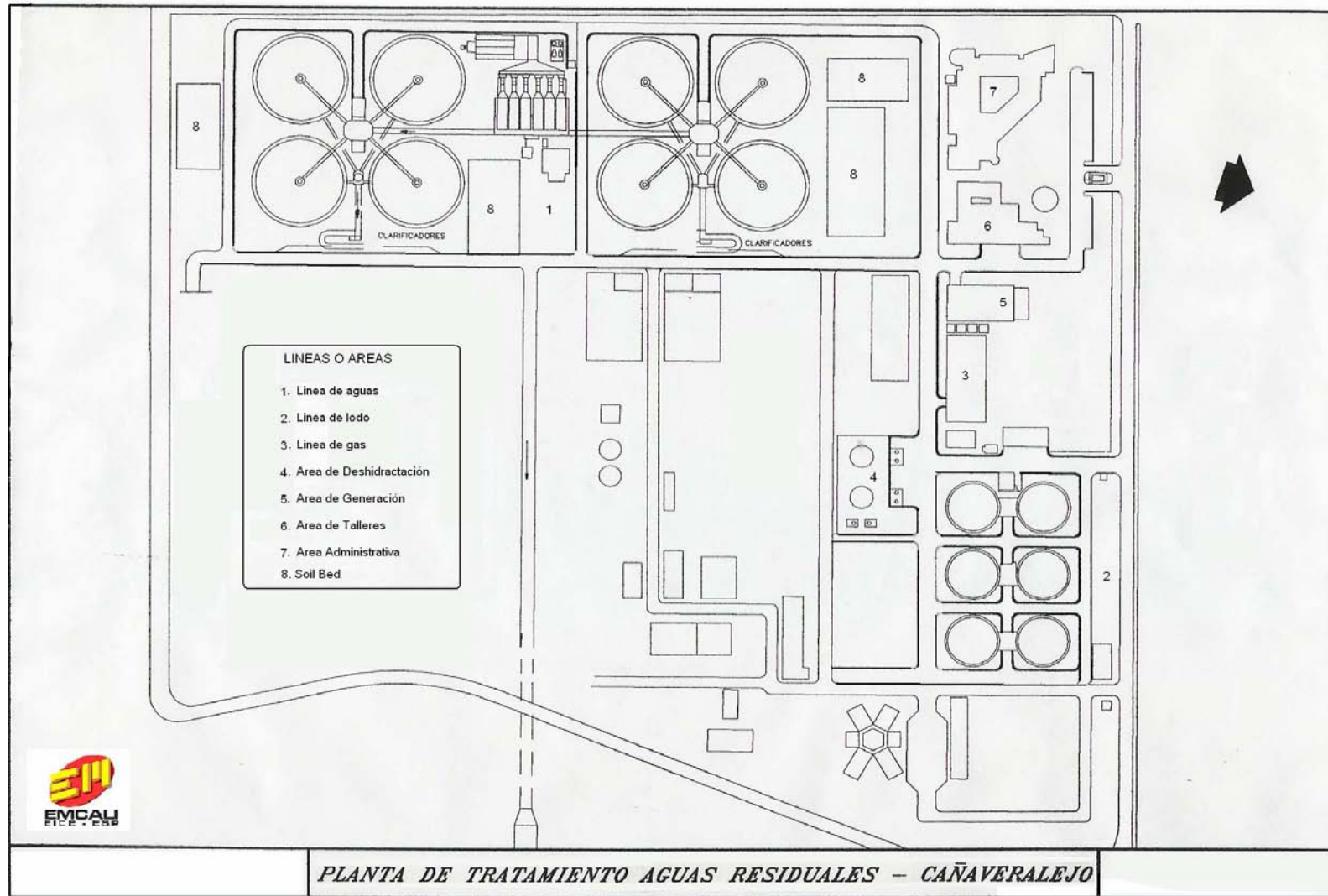
BIBLIOGRAFÍA

AVILA ESPINOSA, Ruben. Fundamentos del mantenimiento: Guías económicas, técnicas y administrativas. México: Limusa Grupo Noriega, 1995. 178 p.

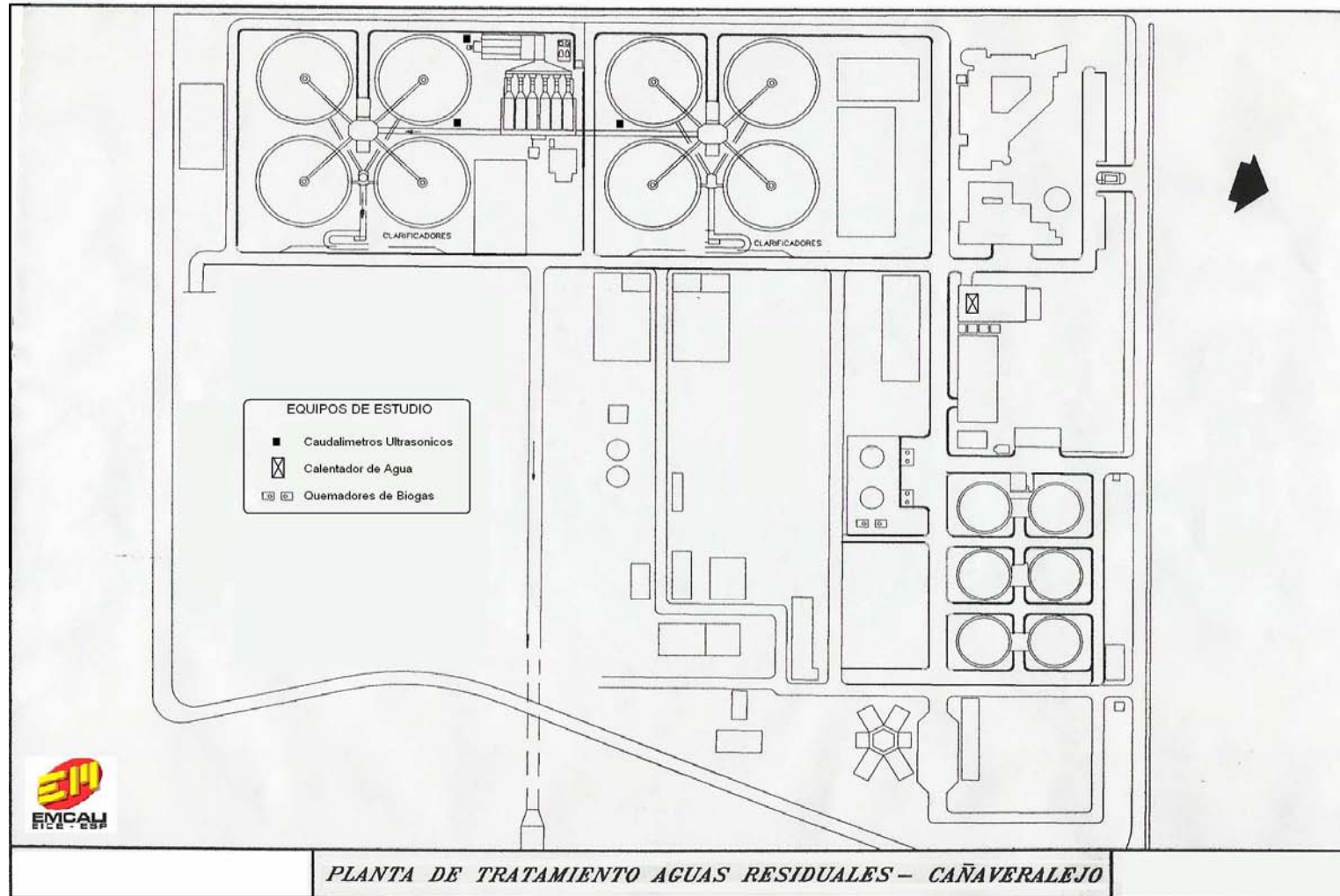
ROSALER, Robert C.; RICE, James O. Manual de mantenimiento industrial. Tomo II. Mexico: Mc Graw Hill, 1987. 5 v.

SOURIS, Jean Paul. El Mantenimiento, Fuente de beneficios. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 1992. 183 p.

Anexo 1. Vista en planta de la PTAR – C.




Anexo 2. Ubicación de los equipos de estudio.



Anexo 3. Ficha de historial de equipos.

[illegible]

Anexo 4. Parámetros actuales de calibración para los equipos de estudio.

		PARAMETROS FIJOS DEL CAUDALÍMETRO	
Equipo: Cañaveralejo		TAG: E.07.08FIT01.01	
Ubicación:			
Pantalla Menú	Teclear	Parámetro	Valor
Medición	F, F		
Calibrado	↓	Ref. sonda	1591
		Montaje de sonda	Directo (/)
		Num. de pares	1
		Diam. int	1524.5
		Material	Tubería inoxidable
		Espesor	6.0 mm
		S.A.	4 / 20
	↓	Q min	0 m³ / s
		Q max	7 m³ / s
		Periodo graf	5 min
		Filtro	10 s
		Memoria	40 s
		Δ T0 1	- 382 ns
	↓	Producto	Agua
		K Hidro	Auto
		Viscosid	1 cSt
		Rugosidad	1 mm
	↓	Fecha	
		Hora	
	↓	Tot 1	+
		Pac ? N P	10000 m³
		Tot 2	-
		Pac ? N P	10000 m³
		Tot 3	OFF
		Pac ? N P	
	↓	Rele 1	XXXXXXX
		Rele 2	Xxxxxxxxxxxx
		Limit	5 m³
		Rele 3	Tot. 1
		Rele 4	Xxxxxxxxxxxx
	↓	Duración impulso	150 ms
	↓	Retro iluminación	ON
		Retorno a medición	1 min
		Visualis. / Video	Normal
		Contraste	30 %



PARAMETROS FIJOS DEL CAUDALÍMETRO

Equipo: Tajea A

TAG: E.07.08FIT01.06

Ubicación:

Pantalla Menú	Teclear	Parámetro	Valor
Medición	F, F		
Calibrado	↓	Ref. sonda	1611
		Num. de pares	2
		Diam. int	2589.3 mm
		S.A.	4 / 20
	↓	Q min	0 m ³ / s
		Q max	7 m ³ / s
		Periodo graf	1 min
		Filtro	20 s
		Memoria	60 s
		Δ T0 1	0 ns
		Δ T0 2	0ns
	↓	Producto	Agua
		K Hidro	
		Viscosid	
		Rugosidad	
	↓	D. Ax. 1	3000 mm
		D. Ax. 2	3015 mm
		Long. 1	5950 mm
		Long. 2	5950 mm
		C1: C2:	0.5 - 0.5
		Fecha	
		Hora	
	↓	Tot 1	+
		Pac ? N P	10000 m ³
		Tot 2	-
		Pac ? N P	10000 m ³
		Tot 3	+ / -
		Pac ? N P	10000 m ³
	↓	Rele 1	Defecto G
		Rele 2	Alarma Q
		Limit	+ 6 m ³ / s
		Rele 3	Tot. 1
		Rele 4	Abierto
	↓	Duración impulso	150 ms
	↓	Retro iluminación	ON
		Retorno a medición	1 min
		Visualis. / Video	Normal
		Contraste	30 %



PARAMETROS FIJOS DEL CAUDALIMETRO

Equipo: Tajea B		TAG: E.07.08FIT01.07	
Ubicación:			
Pantalla Menú	Teclear	Parámetro	Valor
Medición	F, F		
Calibrado	↓	Ref. sonda	1611
		Num. de pares	2
		Diam. int	2589.3 mm
		S.A.	4 / 20
	↓	Q min	0 m ³ / s
		Q max	7 m ³ / s
		Periodo graf	1 min
		Filtro	20 s
		Memoria	60 s
		Δ T0 1	-15 ns
		Δ T0 2	-25 ns
	↓	Producto	Agua
		K Hidro	
		Viscosid	
		Rugosidad	
	↓	D. Ax. 1	3020 mm
		D. Ax. 2	2995 mm
		Long. 1	5855 mm
		Long. 2	5850 mm
		C1: C2:	0.5 - 0.5
		Fecha	
		Hora	
	↓	Tot 1	+
		Pac ? N P	10000 m ³
		Tot 2	-
		Pac ? N P	10000 m ³
		Tot 3	+ / -
		Pac ? N P	10000 m ³
	↓	Rele 1	Defecto Q
		Rele 2	Alarma Q
		Limit	+ 6 m ³ / s
		Rele 3	Tot. 1
		Rele 4	Abierto
	↓	Duración impulso	150 ms
	↓	Retro iluminación	ON
		Retorno a medición	1 min
		Visualis. / Video	Normal
		Contraste	30 %



SET POINT
COMPONENTES CALENTADOR DE AGUA


Item	Referencia	Set-Point	Tipo
2	Dungs NB 50 A4	5 mbar	Limitador de Presión
4	Dungs GW 150 A4	130 mbar	Interruptor de Presión
6	Dungs GW 50 A4	10 mbar	Interruptor de Presión
10	Dungs GW 50 A4	50 mbar	Interruptor de Presión
12	Dungs GW 50 A4	5 mbar	Interruptor de Presión
16	Dungs GW 50 A4	50 mbar	Interruptor de Presión
22	Valvula de Seguridad	5,2 Bar	Valvula de Seguridad
25	Termotato de control	75°C	Termostato de control



SET POINT
COMPONENTES QUEMADOR DE EXCESO
DE BIOGAS

Item	Referencia	Set-Point	Tipo
30	Dwyer series 1950-20-2F	50 mbar	Interruptor de Presión
31	Dwyer series 1950-20-2F	50 mbar	Interruptor de Presión

Anexo 5. Formato de inspección para caudalímetros.

		<p align="center">FORMATO DE INSPECCIÓN PARA CAUDALÍMETROS ULTRASONICOS</p>										
		DÍA		MES		AÑO		AREA				
EQUIPO								TAG				
MARCA						MODELO				No. DE CUERDAS		
										1	2	
CAUDALIMETRO		SI		<input type="checkbox"/>		REGISTRA		SI		<input type="checkbox"/>		
ENCENDIDO ?		NO		<input type="checkbox"/>		MEDIDA ?		NO		<input type="checkbox"/>		
AJUSTADOS				<input type="checkbox"/>				TODAS				<input type="checkbox"/>
CONECTORES								TECLAS DISPONIBLES				ALGUNAS
DESAJUSTADOS				<input type="checkbox"/>				NINGUNA				<input type="checkbox"/>
INFORMACIÓN DE LA MEDIDA												
DEFECTO		V1	<input type="checkbox"/>	V2	<input type="checkbox"/>	PILA	<input type="checkbox"/>	HS	<input type="checkbox"/>	NINGUNO		<input type="checkbox"/>
SIMILARES				<input type="checkbox"/>				VELOCIDAD		SI		<input type="checkbox"/>
V1 Y V2								PROMEDIO				
DIFERENTES				<input type="checkbox"/>				ACEPTABLE ?		NO		<input type="checkbox"/>
SIMILARES				<input type="checkbox"/>				VEL. SON		SI		<input type="checkbox"/>
VEL. SON1 Y VEL. SON2								PROMEDIO				
DIFERENTES				<input type="checkbox"/>				ACEPTABLE ?		NO		<input type="checkbox"/>
Velocidad del sonido: _____ (Aceptable entre 1460 y 1490 m3/s)												
DECIBELES (dB) (Aceptables entre 0 Y 60)												
GV1 _____ dB				GV2 _____ dB								
OBSERVACIONES: _____												

ELABORO						REVISOR						

Anexo 6. Formato de inspección para calentador de agua y/o quemador de exceso de biogas.

[illegible]

Anexo 7. Tipos de montaje de sondas para caudalímetros.

Modo directo (/):

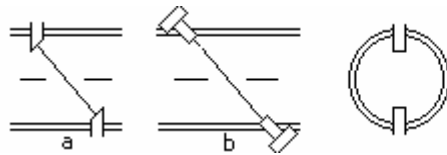


Fig. 1. Intrusiva a una cuerda.

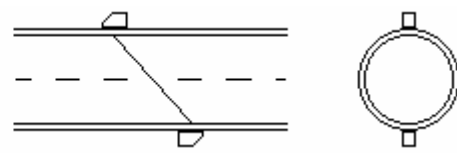


Fig. 2. Externa a una cuerda



Fig. 3. Intrusiva a dos cuerda.

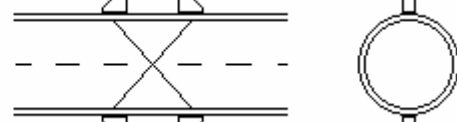


Fig. 4. Externa a dos cuerdas

Modo reflex (V):

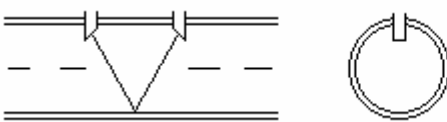


Fig. 5. Intrusiva a una cuerda.

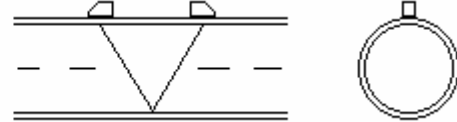


Fig. 6. Externa a una cuerdas

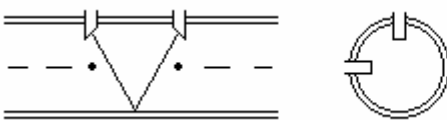


Fig. 7. Intrusiva a dos cuerda.

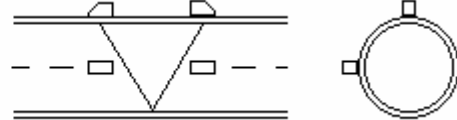


Fig. 8. Externa a dos cuerdas

Modo doble reflex (W):

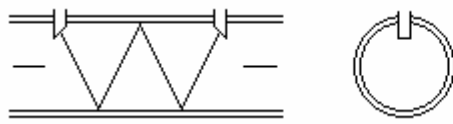


Fig. 9. Intrusiva a una cuerda.

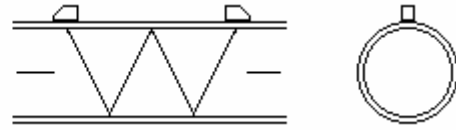


Fig. 10. Externa a una cuerdas

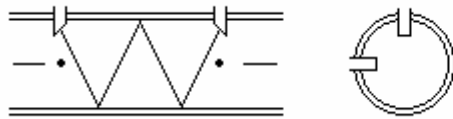


Fig. 11. Intrusiva a dos cuerda.

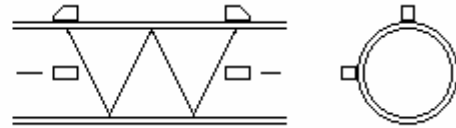


Fig. 12. Externa a dos cuerdas

Anexo 8. Cableado de los conectores externos para caudalímetros.

CABLEADO DE CONECTORES EXTERNOS

CONECTOR A ALIMENTACION

- 1: FASE
- 2: TIERRA
- 3: NEUTRO
- 4: TIERRA
- 5: + BAT
- 6: - BAT

CONECTOR B SALIDAS

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1: SALIDA ANALOGA | 9: SALIDA ANALOGA |
| 2: RELE 3 COMUN | 10: RELE 2 TRABAJO |
| 3: RELE 3 REPOSO | 11: RELE 2 REPOSO |
| 4: RELE 3 TRABAJO | 12: RELE 2 COMUN |
| 5: RELE 4 COMUN | 13: RELE 1 TRABAJO |
| 6: RELE 4 REPOSO | 14: RELE 1 REPOSO |
| 7: RELE 4 TRABAJO | 15: RELE 1 COMUN |
| 8: 0 VOLTIOS | 16: 5 VOLTIOS |

CONECTOR C CUERDA 2

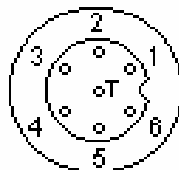
- 1: Sonda AGUAS ARRIBA C. D.
- 2: Sonda AGUAS ARRIBA C. P.
- 3: TIERRA
- 4: TIERRA
- 5: SONDAS AGUAS ABAJO C. P.
- 6: SONDAS AGUAS ABAJO C. D.

CONECTOR D CUERDA 1

- 1: Sonda AGUAS ARRIBA C. D.
- 2: Sonda AGUAS ARRIBA C. P.
- 3: TIERRA
- 4: TIERRA
- 5: SONDAS AGUAS ABAJO C. P.
- 6: SONDAS AGUAS ABAJO C. D.

C. D.: CABLE DORADO; C. P.: CABLE PLATEADO

CONECTOR E CONEXION SERIE (CARA DELANTERA)



- 1: 5 V IMPRESORA
- 2: NC
- 3: TX
- 4: RX
- 5: NC
- 6: IMP
- 7: 0 V / TIERRA

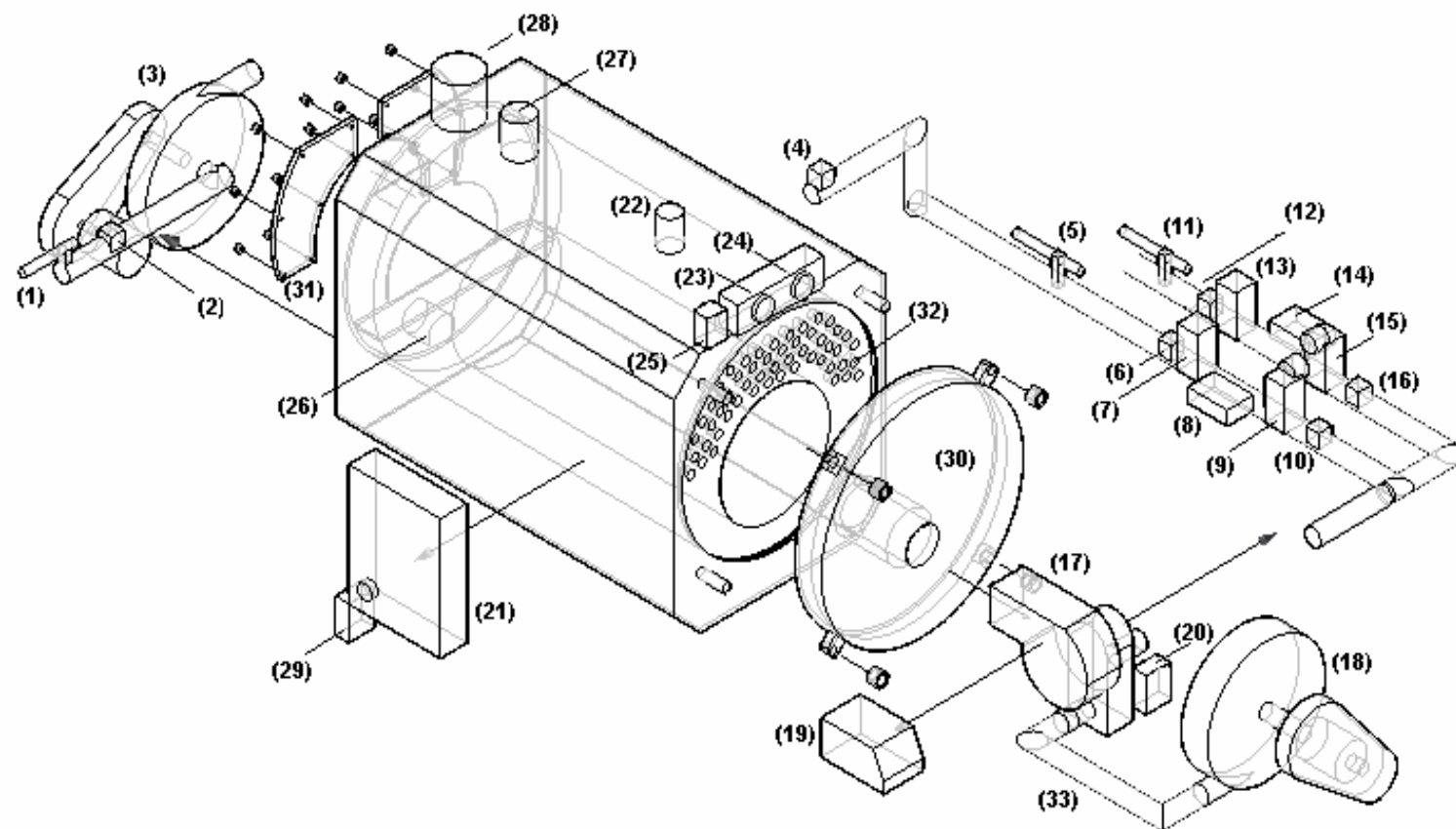
CONECTOR INTERNO DEL TRANSFORMADOR PARA 110 V



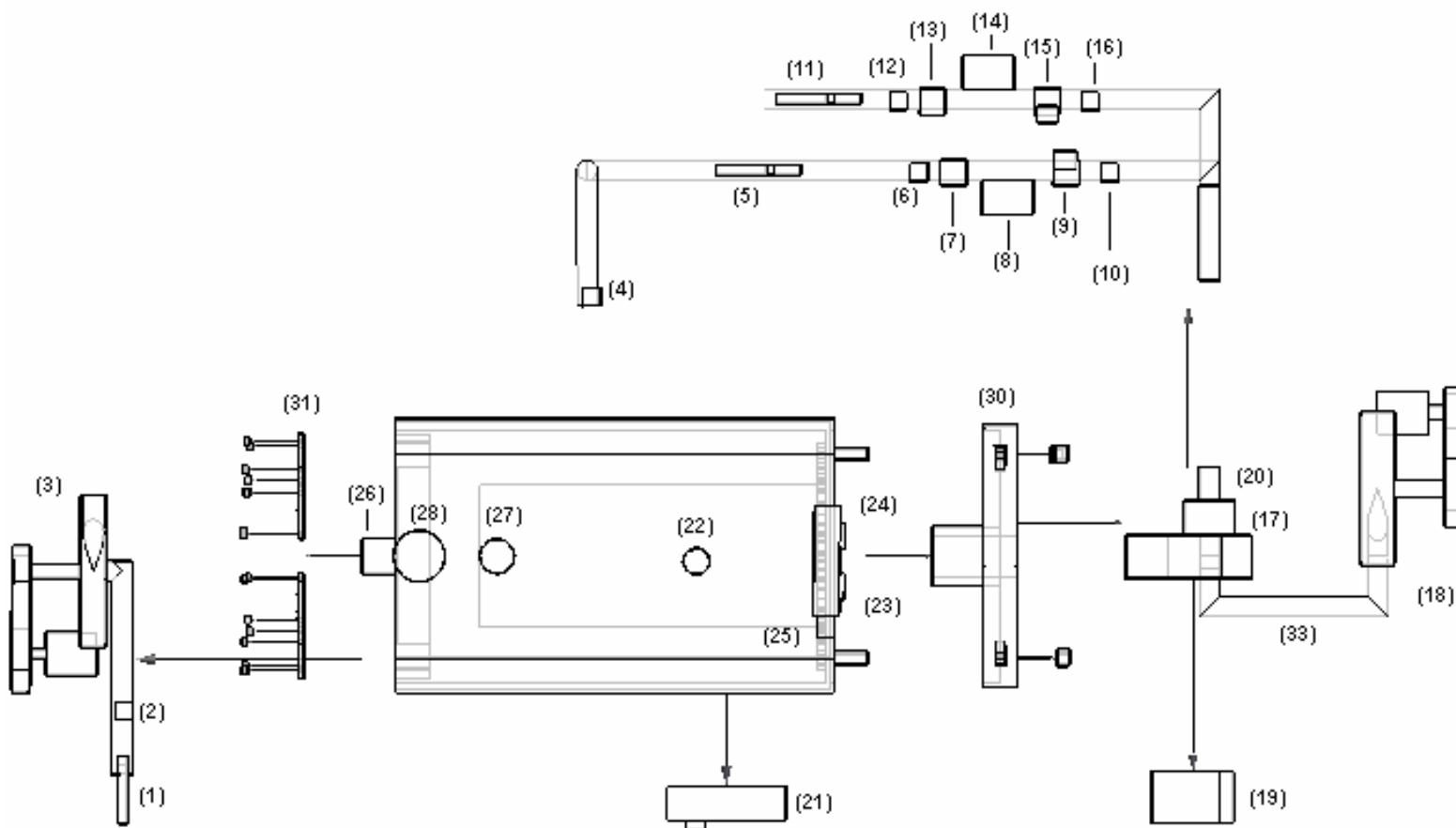
- 1: NEGRO ROJO
- 2: NC
- 3: MARRON ANARANJADO
- 4: NC
- 5: AMARILLO
- 6: MOLETA

Anexo 9. Vistas explosionadas del calentador de agua.


CALENTADOR DE AGUA



VISTA EN PLANTA DEL CALENTADOR DE AGUA

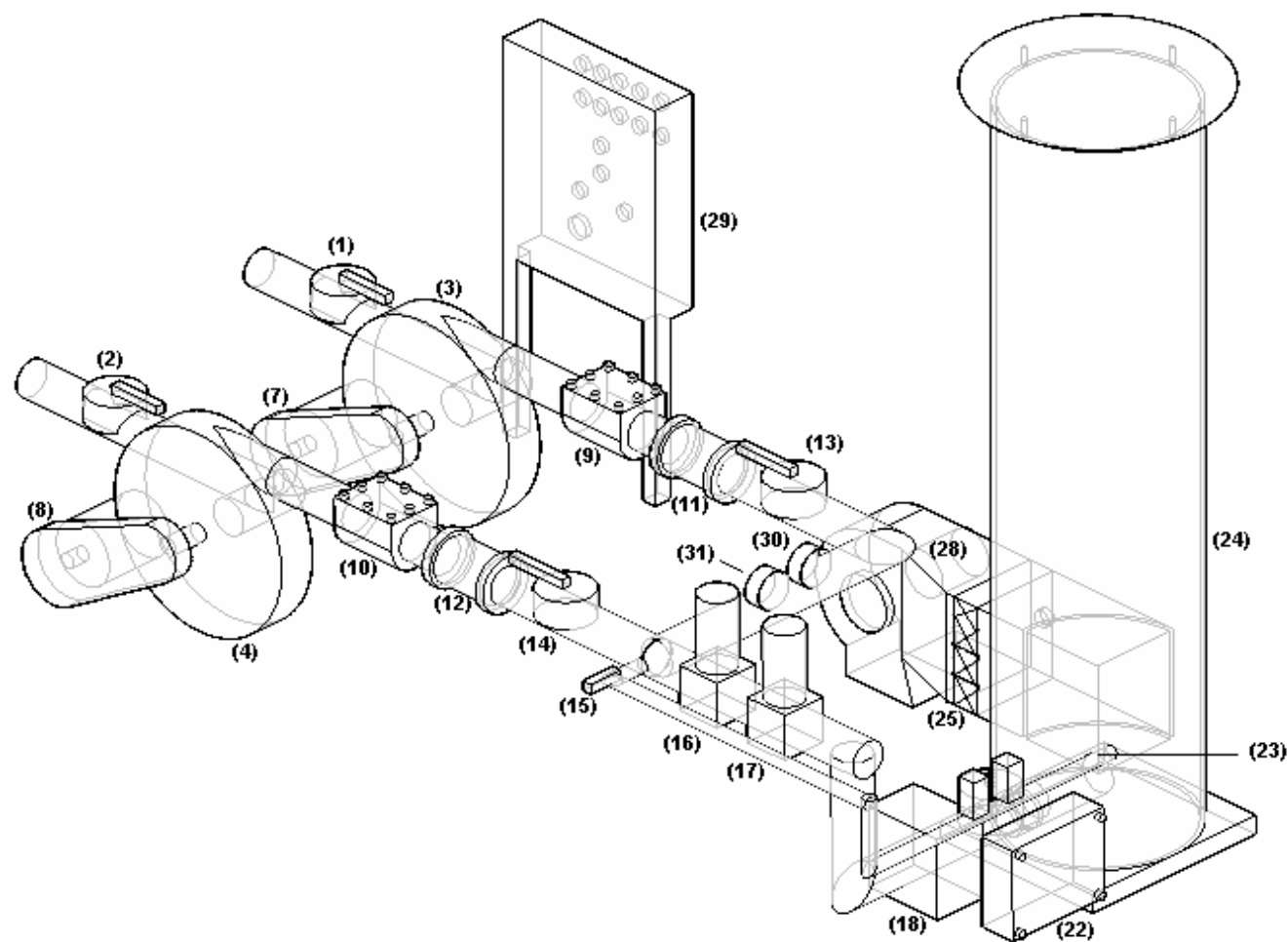


Anexo 10. Listado de componentes del calentador de agua.

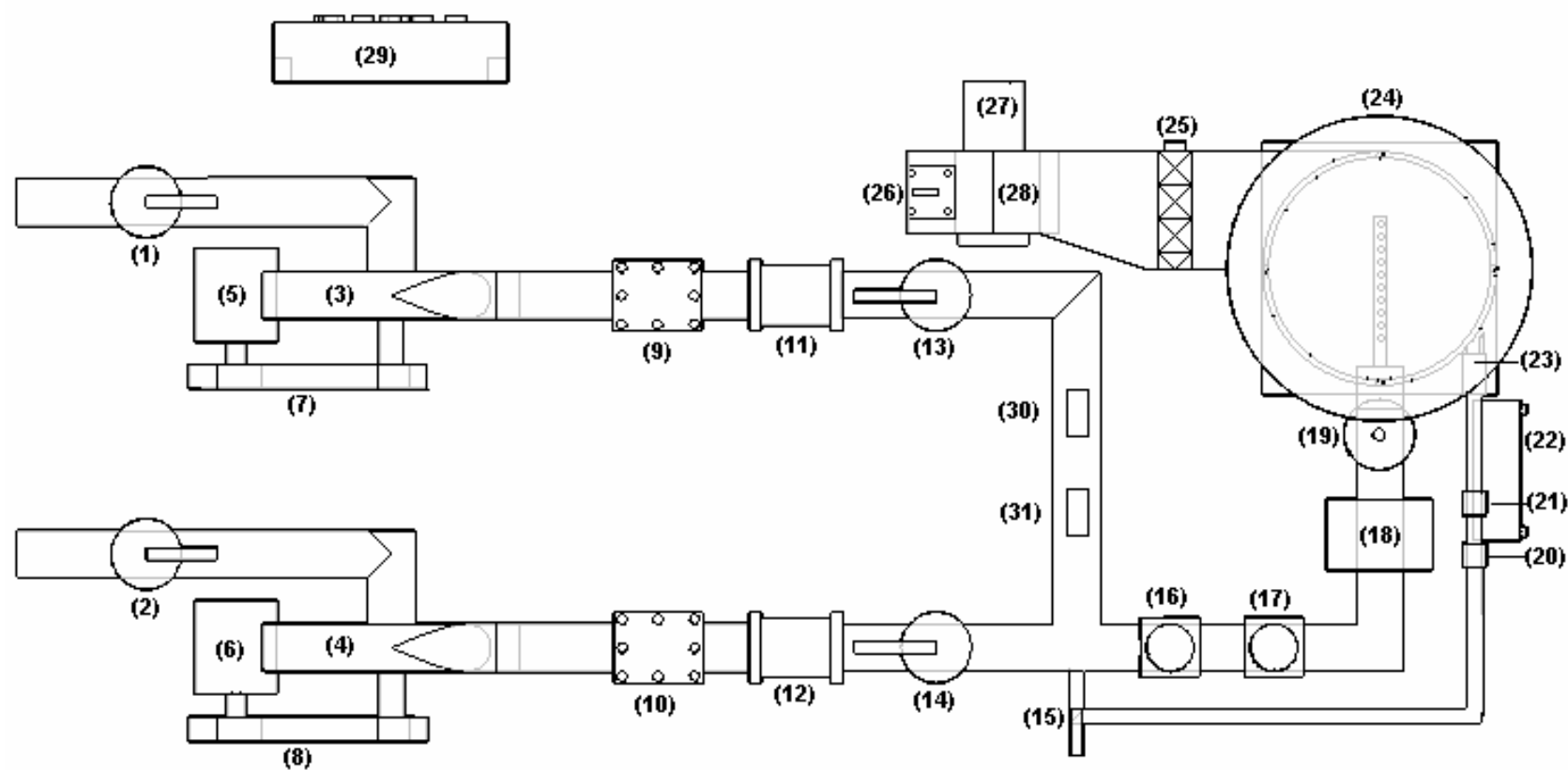
		COMPONENTES DEL CALENTADOR DE AGUA
Item	COMPONENTE	
1	Válvula de cierre manual	
2	Limitador de presión. Dungs NB 50 A4	
3	Elevador de Presión. Alldays & Peacock Limited 2620 QT/HE	
4	Interruptor de presión. Dungs GW 150 A4	
5	Válvula de cierre manual	
6	Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4	
7	Electrovalvula. Landis & GYR SKP 10. 110 B17 (V. De cierre)	
8	Monitor de fuga. Dungs VDK 200 A S02	
9	Electrovalvula. Landis & GYR SKP 20. 110 B17 (V. De regulación)	
10	Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4	
11	Válvula de cierre manual	
12	Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4	
13	Electrovalvula. Landis & GYR SKP 10. 110 B17 (V. De cierre)	
14	Monitor de fuga. Dungs VDK 200 A S02	
15	Electrovalvula. Landis & GYR SKP 20. 110 B17 (V. De regulación)	
16	Interruptor de presión. Dungs GW 50 A4	
17	Quemador de gas. Unigas P91	
18	Inyector de aire. Fans & Blowers Limited 24 – 5Q	
19	Panel de control e indicador del quemador	
20	Servocontrol	
21	Panel eléctrico	
22	Válvula de seguridad	
23	Manómetro	
24	Termómetro	
25	Termostato de control	
26	Entrada de agua de retorno	
27	Salida de agua	
28	Salida de humo	
29	Control de presión	
30	Puerta frontal	
31	Cubiertas de la caja de humo	
32	Tubos de humo	
33	Conductos de aire	

Anexo 11. Vistas del quemador de exceso de biogas.


QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS



VISTA EN PLANTA DEL QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS



Anexo 12. Listado de componentes del quemador de exceso de biogas.

		COMPONENTES DEL QUEMADOR DE EXCESO DE BIOGAS
Item	COMPONENTE	
1	Válvula de cierre manual.	
2	Válvula de cierre manual.	
3	Elevador de Presión (<i>Booster</i>).	
4	Elevador de Presión(<i>Booster</i>).	
5	Motor del <i>Booster</i> .	
6	Motor del <i>Booster</i> .	
7	Correa de acople.	
8	Correa de acople.	
9	Válvula anti-retorno.	
10	Válvula anti-retorno.	
11	Acople reductor de vibraciones.	
12	Acople reductor de vibraciones.	
13	Válvula de cierre manual.	
14	Válvula de cierre manual.	
15	Válvula de cierre manual de la línea piloto.	
16	Válvula de cierre motorizada de la línea principal.	
17	Válvula de cierre motorizada de la línea principal.	
18	Supresor de llama.	
19	Válvula térmica.	
20	Válvula solenoide de la línea piloto.	
21	Válvula solenoide de la línea piloto.	
22	Caja de control.	
23	Porta electrodo de ignición.	
24	Torre de llama.	
25	<i>Damper</i> .	
26	Tapa de inspección del ventilador de aire.	
27	Motor del ventilador de aire.	
28	Ventilador de aire.	
29	Panel eléctrico.	
30	Interruptor de presión P2.	
31	Interruptor de presión P3.	

Anexo 13. Paper del proyecto.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A EL CALENTADOR DE AGUA POR COMBUSTIÓN DE BIO-GAS Y QUEMADOR DE BIO-GAS, Y MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA PLANTA PTAR - C

Germán Andrés Umaña Espinosa.

Fernando Navia Figueroa.

*Facultad de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Occidente,
germandres80@hotmail.com, fernafi_@hotmail.com*

Abstract: Con el propósito de mantener los equipos en óptimas condiciones de disponibilidad, seguridad, funcionalidad, operabilidad y apariencia, Emcali Ptar-C busca normalizar los procedimientos de mantenimiento que se realizan a los equipos, procedimientos que ayuden a agilizar esta tarea y a su vez brinde confiabilidad durante su realización

Keywords: Mantenimiento, Funcionamiento, Caudalímetros, Quemadores, Calentador, Tratamiento, Dosificación, Bio-gas, confiabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Consciente de su obligación social y legal de la preservación de recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de la población caleña, EMCALI E.I.C.E. PTAR CAÑAVERALEJO pretende mejorar la calidad de su servicio y cumplir con los requerimientos por

parte de las entidades de control del medio ambiente. Para lograr dichos propósitos EMCALI E.I.C.E. cuenta con el esfuerzo del personal de cada una de sus áreas, además de la incorporación de estudiantes universitarios para estructurar y desarrollar proyectos enfocados a la normalización de procedimientos confiables para la operación y mantenimiento de equipos de la planta, aprovechando al máximo los recursos disponibles.

En esta oportunidad se estudiaron los Caudalímetros Ultrasónicos marca Ultraflux, el Calentador de agua por Combustión de Bio-gas marca Kayason y los Quemadores de exceso de Bio-gas marca Haat con el propósito de mejorar las actividades de operación y mantenimiento de estos de forma efectiva y económica.

Para su desarrollo se llevo acabo una consulta detallada de cada uno de ellos, se analizo su comportamiento bajo las condiciones propias de la planta y se realizaron las actividades de mantenimiento programadas para estos equipos contando con el acompañamiento del personal de la empresa y con la accesoria del personal que brinda asistencia técnica a estos equipos, actividades que permitieron establecer los procedimientos para las labores de operación y mantenimiento de los equipos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta de tratamiento de agua residual cañaveralejo de Cali "PTAR-C" con el propósito de realizar una efectiva labor de operación y mantenimiento con el personal propio de la planta, busca normalizar los procedimientos requeridos para su ejecución, para tener mayor disponibilidad, seguridad, funcionalidad, operabilidad de la planta.

3. METODOLOGIA

3.1. Reconocimiento del proceso e importancia de los equipos

Antes de enfocar cualquier plan de actividades se realizo el conocimiento del proceso que se realiza en la planta desde la entrada de aguas residuales hasta la evacuación final del Biosólido y el vertimiento final del agua tratada hacia el río, recorrido realizado con la orientación de los ingenieros y operarios de la planta; una vez conocido e identificado el proceso realizado se logra entender con claridad la importancia que tiene cada uno de los equipos durante el

tratamiento del agua, desde la entrada de agua a la planta donde se encuentra los caudalímetros ultrasónicos, pasando por el calentamiento del agua que va hacia el lodo y finalizando con la quema del exceso bio-gas los equipos cumplen una función irrelevante durante el proceso.

3.1.1.Importancia de los Caudalímetros

La función principal de los caudalímetros es conocer la cantidad de agua que entra a la planta, para determinar la capacidad de trabajo de la planta y permitir realizar estadísticas a los entes encargados del medio ambiente a cerca de la calidad y cantidad del tratamiento. Además de adelantarse un proyecto de automatización de dosificación de cloruro ferrico el cual requiere información confiable del volumen de agua tratada.

3.1.2. Importancia del Calentador

El calentador de agua por combustión de Bio-gas es de gran importancia para la planta, ya que este se encarga de calentar el agua que va a los intercambiadores de calor para mantener el lodo a una temperatura de 34° C, que permita la proliferación de bacterias anaeróbicas las cuales se encargan de descomponer la materia orgánica disuelta en el lodo y alcanzar la generación del gas.

Además es importante mantener este equipo en optimas condiciones, ya que se encuentra operando las 24 horas, debido a que los generadores que son los encargados de esta labor de calentamiento se encuentran por fuera de servicio.

3.1.3. Importancia de los Quemadores de Bio-gas

Estos equipos son de suma importancia por que la planta esta produciendo más Bio-Gas del que consume, ocasionando que los tanque se llenen con rapidez y se haga necesario la eliminación del gas sobrante, esto debido al no consumo de Bio-

gas por parte de los generadores; gas que no puede ser liberado directamente a la atmósfera, lo cual significa una quema casi constante de este gas.

3.2. Identificación del estado de los equipos

3.2.1. Medidores de Caudal

Se encontró un total de 5 medidores de tipo ultrasónico para la medición de caudal de aguas residuales en tuberías llenas y canales abiertos, de dichos medidores uno (1) se encuentra completamente desinstalado por motivos de rediseño mientras que otros dos (2) se encuentran por fuera de línea.

3.2.2. Calentador de Agua.

En el área de generación de planta se encuentra el calentador de agua Kayanson Dragon Modelo D5X Funciona bajo el mismo principio de una caldera pirotubular, posee un quemador de combustible por inyección atornillado a la puerta frontal, el cual se ajusta a la operación con Biogás o Gas Natural. El calentador se encontraba en funcionamiento, pero durante su operación presento brote del empaque por un costado de la puerta frontal, este brote podría ser igniciones de daño en el empaque y se podría presentar fugas.

3.2.3. Quemadores de exceso de Bio-gas

La planta posee dos quemadores de este tipo con el fin de dejar un quemador en Stand by, para cuando se le realice alguna actividad que requiera la salida de servicio de uno de los dos o salga de servicio temporalmente.

Una de las torres se encontraba en funcionamiento aunque presentaba salida de servicio esporádica, mientras que la otra torre se encontraba fuera de servicio por que presentaba falla durante el arranque.

3.3. Recolección de información

Se consulto la documentación existente en la planta para equipos entre ellos catálogos de fabricantes, archivo de órdenes de trabajo ejecutadas, periodicidad del mantenimiento, listado de proveedores y guías de seguridad industrial, evaluando la cantidad y calidad de la información para poner en práctica un correcto mantenimiento.

Adicionalmente se extrajo información de las mediciones realizadas por los caudalímetros con ayuda del sistema SCADA, con el fin de caracterizar el funcionamiento de los equipos.

3.4. Actividades generales realizadas a los caudalímetros

- Se realizo achique de cada una de las cámaras de ubicación de los sensores, en cada uno de los puntos de medición de caudal se realizo nueva conexión en la bornera de la cabeza de cada sonda, por la presencia de humedad y oxido.
- Se reorientaron las sondas de cada punto de medición buscando un nivel de decibeles (dB) aceptables por el equipo. Como complemento de esta actividad se llevo acabo la limpieza de la placa reflectora para el caso de los transmisores con montaje de sondas en modo reflex (V), obteniendo bajos niveles de decibeles (dB).
- Se llevo acabo la calibrada de cero de los trasmisores disponibles en la PTAR-C, para lo cual se necesito de la coordinación del operador de la sala de control, ya que para esta maniobra se necesito del cierre total de ingreso de agua, para obtener tuberías llenas sin caudal fluyendo.

3.4.1.Recomendaciones generales para los caudalímetros

- Unos de los principales problemas que presenta este equipo es debido a la filtración del agua lluvia a las cámaras, filtraciones que en ocasiones la inundan por completo, ocasionando una mala toma de datos; ante este problema se debería plantear la impermeabilización de la cámara garantizando el buen estado del cable y los sensores.
- Es recomendable realizar el cambio del cable de conexión entre las sondas y el transmisor ya que se observó bastante deteriorados. Adicional a esto se requiere que la conexión en la bornera de la sonda sea lo más limpia posible, es decir tener la precaución de no dejar borneras cortocircuitadas y contar con un buen punto de tierra, ya que este perturbaría el acondicionamiento de la señal y por consecuencia se tendrá una medición errónea.

En cuanto a los transmisores se le deberían de realizarle una cubierta que los proteja del sol y del agua, con esto se lograría solucionar el problema común del mal funcionamiento del teclado, ya que se debe primordialmente al sol intenso que recae sobre este elevando la temperatura y ocasionando que las pistas de la cinta de conexión se abran,

3.4.2. Aportes adicionales para el mantenimiento de los caudalímetros

Como hay ausencia de registros historiales de los equipos, se vio la necesidad de crear un formato para el reporte de dicha información. Buscando generar un registro del comportamiento del equipo para determinar las posibles causas de las fallas eventuales.

Se procedió a generar un listado de los parámetros de calibración para cada caudalímetro, facilitando con esto el confrontar si la configuración del equipo es la adecuada o si se utilizó para configurar el equipo en futuras ocasiones.

Como no se tenía claridad sobre la conexión en la bornera de la sonda se realizó un esquema el cual clarificaría su conexión, y así garantizar que los equipos se encuentren bien conectados.

3.5. Actividades generales realizadas en el calentador

Se retiró toda la ceniza acumulada en el hogar y los tubos del equipo, se inspeccionó el calentador sin encontrar inconvenientes y se realizó una limpieza y lubricación a todo el equipo.

3.5.1. Recomendaciones generales para el calentador

De la ejecución de estas actividades se identificó que no se está realizando una constante inspección o adecuado procedimiento de los siguientes aspectos:

- No se hace inspección del estado de las tuercas de sello de la puerta, lo cual es de considerable cuidado debido a la tendencia de aflojarse por sufrir dilatación y continuas vibraciones.
- Se debe realizar un seguimiento de la mezcla de combustión, requiriendo de por lo menos de un chequeo visual de la llama y su respectivo ajuste del cabezal de combustión por medio del tambor regulador, en busca de una llama constante y con tendencia al color azul.
- Cuando se programe la actividad de mantenimiento de esta unidad, se tengan disponibles retardadores para realizar reposiciones. Adicional a esto se requiere que su ubicación sea a 30 cm desde la puerta frontal del hogar, para un mejor aprovechamiento del calor.
- Realizar un frecuente alineamiento de la correa y mantenerlas a una tensión adecuada, aplique antideslizante periódicamente a la correa para evitar que patine y se deteriore durante el arranque o funcionamiento.

La válvula de seguridad no cuenta con su respectiva tubería de drenaje, lo cual representa un constante riesgo tanto al personal como a los equipo vecinos, es necesario instalar un sistema de drenaje adecuado para esta válvula.

3.5.2. Aportes adicionales para el mantenimiento del calentador

- No existe un formato que indica la calibración de los interruptores de presión, la válvula de seguridad y el termostato de control, nos dimos a la tarea de generar este listado con el fin de facilitar la comprobación de la buena calibración de cada instrumento, garantizando que el instrumento se encuentre dentro los parámetros de funcionamiento.
- Se diseñó un formato de registro histórico del comportamiento y posibles fallas del calentador, caracterizando las anomalías más comunes y tomar correctivos.

3.6. Recomendaciones generales para el quemador

- Se identificó que antes de hacer cualquier despiece del sistema por presentar falla del equipo, se sugiere realizar como primera medida una inspección detallada del sistema con el fin de localizar algún síntoma o problema evidente, de no encontrarse alguna situación clara del problema se debe empezar por revisar la calibración de los interruptores de presión de la línea principal.
- Revisar calibración de los interruptores, así como el ajuste del aire de combustión, los cuales se ven alterados por las vibraciones presentes en el sistema.

3.6.1. Aportes adicionales para el mantenimiento del quemador

Se realizó levantamiento de los set-point y se registraron en un formato para su conservación y utilización para próximas calibraciones que garanticen un correcto funcionamiento.

De igual forma se diseñó el registro histórico del comportamiento y posibles fallas del quemador, para durante las inspecciones del equipo, se puedan caracterizar las anomalías más comunes y tomar correctivos.

4 CONCLUSIONES:

- Se generaron los procedimientos convenientes para normalizar y estandarizar la operación y mantenimiento de los equipos, con el fin de brindar confianza sobre la ejecución de estas actividades y aportar a la conservación de los equipos.
- Se adquirió experiencia sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento de cada uno de los equipos, con el fin de poder transmitir de una forma clara, concisa y correcta el como se debe de ejecutar esta labor.
- Se realizó un continuo seguimiento a los equipos con la finalidad de caracterizar su comportamiento, para esta labor fue de gran utilidad el conocer y consultar el sistema SCADA, ya que este nos brindaba información sobre el equipo durante las 24 horas del día.
- Uno de los objetivos de la realización de los manuales para el calentador de agua por combustión de bio-gas, el quemador de exceso de bio-gas y los caudalímetros ultrasonicos, es nivelar el conocimiento que tiene el personal sobre cada uno de los equipos y tener siempre disponible personal capacitado para el mantenimiento de estos, con la disponibilidad de la información ante cualquier inquietud.

- Durante la ejecución del mantenimiento se noto falencias sobre el conocimiento de algunos parámetros de calibración de los equipos y el reporte de fallas, por esta razón se realizaron formatos donde describe el listado de los puntos de calibración de los equipos y un formato para la inspección y reporte de fallas del equipo.
- Un plan o programa de mantenimiento no es una actividad que termina con su puesta en marcha, sino que la evaluación y control constante darán la requerida retroalimentación para que el plan se actualice y mejore su eficiencia con la experiencia generada.
- Realizando un buen mantenimiento a los equipos, ayuda a disminuir las salidas de servicio no planeadas de los equipos, garantiza el buen funcionamiento de estos bajo ciertos parámetros, prolonga la

vida útil del equipo y disminuye costos de operación.

5. BIBLIOGRAFIA

AVILA ESPINOSA, RUBEN. Fundamentos del mantenimiento.: Guías económicas, técnicas y administrativas. México: Limusa Grupo Noriega, 1995.

ROSALER, ROBERT C. – RICE, JAMES O. Manual de mantenimiento industrial. Tomo II. Mexico: Mc Graw Hill, 1987.

SOURIS, JEAN PAUL. Mantenimiento: Fuente de beneficios. Diaz de Santos, 1992.